UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

TESIS DOCTORAL

Sistema para la toma de decisiones en la congestión vehicular de Quito (Ecuador), mediante análisis de datos sensoriales y sociales

NELSON IVAN HERRERA HERRERA

PROGRAMA DE DOCTORADO

MODELIZACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Conformidad de los directores:

Fdo.: Héctor Sánchez **Fdo.: Miguel Macías**

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Nelson Iván Herrera con C. I. 0502219470, declaro que el presente trabajo de tesis doctoral es de mi autoría y por lo tanto todos los derechos sobre la documentación son de mi propiedad.

Nelson Herrera

COMPROMISO DE NO PLAGIO

Yo, Nelson Iván Herrera, estudiante de la Universidad de Extremadura, me comprometo a desarrollar mi trabajo de tesis acorde a los principios sociales y morales establecidos por la institución, durante el ciclo de desarrollo de mis actividades estudiantiles en el programa de doctorado en Modelización y Experimentación de Ciencia y Tecnología.

Quito, 17 de Julio de 2019

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS 11

ÍNDICE DE FIGURAS 11

ÍNDICE DE GRÁFICOS 12

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 13

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13
2. JUSTIFICACIÓN 19
3. OBJETIVOS 20
3.1. OBJETIVO GENERAL 20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20
4. HIPÓTESIS 21
5. ESTRUCTURA Y SINOPSIS DE ESTA TESIS 21

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 23

1. INTRODUCCIÓN 23
2. ELEMENTOS DE LA CONGESTIÓN 23
3. *INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS* (ITS) 28
3.1. INTRODUCCIÓN 28
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ITS 29
4. ANÁLISIS DE MEDIOS SOCIALES 31
4.1. INTRODUCCIÓN 32
4.2. RED SOCIAL TWITTER 34
4.3. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE REDES SOCIALES 35
4.4. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS EN REDES SOCIALES 36

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 39

1. METODOLOGÍA OBJETIVO 1 39
1.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN 39
1.2. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN 39
1.3. FUENTES DE INFORMACIÓN 39
2. METODOLOGÍA OBJETIVO 2 40
2.1. TIPO DE ESTUDIO 40
2.2. MODALIDAD 40
2.3. MÉTODO 40
2.4. DISEÑO MUESTRAL 41
2.5. HERRAMIENTAS DE LA INVESTIGACIÓN 42
3. METODOLOGÍA OBJETIVO 3 44
3.1. TIPO Y MODALIDAD DE ESTUDIO 44
3.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO 44
4. METODOLOGÍA OBJETIVO 4 45
4.1. FUENTES DE INFORMACIÓN 46
4.2. HERRAMIENTAS DE LA INVESTIGACIÓN 46

CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 47

1. RESULTADOS OBJETIVO 1 **47**
1.1. ESTRATEGIAS DE MOVILIDAD POR PAÍSES 49
1.1.1. París 49
1.1.2. Londres 50
1.1.3. Seúl 51
1.1.4. Nueva York 53
1.1.5. Shanghái 54
1.1.6. Berlín 55
1.1.7. Fráncfort 56
1.1.8. Múnich 58
1.1.9. Madrid 58
1.1.10. Pekín 60
1.1.11. Zúrich 61
1.1.12. Barcelona 62
1.1.13. Estocolmo 63
1.1.14. Viena 63
1.1.15. Singapur 65
1.1.16. Brasilia 66
1.1.17. Monterrey 67
1.1.18. Ciudad de México 68
1.1.19. São Paulo 69
1.1.20. Buenos Aires 70
1.2. ESTRATEGIAS DE *CROWDSOURCING* 72
1.3. VENTAJAS, DESVENTAJAS Y APLICABILIDAD DE LAS ESTRATEGIAS ANALIZADAS 74
2. RESULTADOS OBJETIVO 2 **76**
3. RESULTADOS OBJETIVO 3 **85**
3.1. PLATAFORMAS *BIG DATA* 86
3.1.1. Apache Hadoop 86
3.1.2. Disco Project 88
3.2. ELECCIÓN DE LA PLATAFORMA A USAR 89
3.2.1. Herramientas para la obtención de datos 91
3.2.2. Herramientas para el análisis de datos 92
3.2.3. Herramientas para el almacenamiento de datos 93
3.3. ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN 93
3.3.1. Fase de Generación 94
3.3.2. Fase de Recolección 95
3.3.3. Fase de Integración 101
3.3.4. Fase de Análisis 103
3.3.5. Fase de Presentación 109
4. RESULTADOS OBJETIVO 4 **112**
4.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL TRÁFICO OBTENIDA A TRAVÉS DE LOS SENSORES DE FLUJO VEHICULAR DE LA CIUDAD DE QUITO 113
4.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR EN INTERSECCIONES SIN SENSORES DE FLUJO VEHICULAR 115
4.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR A PARTIR DE LOS TUITS 118
4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS 120
4.4.1. Prueba de hipótesis 1 120
4.4.2. Prueba de hipótesis 2 135
4.4.3. Prueba de hipótesis 3 147

4.5. TOMA DE DECISIONES RESPECTO A LA CONGESTIÓN VEHICULAR PROPORCIONADA POR LA RED SOCIAL TWITTER 155
4.5.1. Ventajas de los tuits con relación al uso de los sensores en la ciudad de Quito 156
4.5.2. Desventajas de los tuits con relación al uso de los sensores en la ciudad de Quito 157

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS 159

1. CONCLUSIONES 159
2. TRABAJOS FUTUROS 162

REFERENCIAS 165

ANEXOS 174

ANEXO 1. ENCUESTA REALIZADA EN LA POBLACIÓN. (DISEÑADA EN ROTATOR SURVEY) 174
ANEXO 2. INFORME SOBRE EL USO DE LA CUENTA: @TRAFICOUIO 177
ANEXO 3. INFORME SOBRE EL USO DE TUITS EN VARIOS PAÍSES Y CIUDADES EN DOS SEMANAS DE MONITOREO UTILIZANDO LA APLICACIÓN TRENDSMAP ANALYTICS 179
ANEXO 4. COMUNICACIÓN GENERADA POR EL DEPARTAMENTO DE RELACIONES PÚBLICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL 189

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de viajes de acuerdo al tipo de transporte en 2015 14
Tabla 2. Indicadores de congestión vehicular 24
Tabla 3. Servicios de ITS 30
Tabla 4. Variables y su medición 43
Tabla 5. Políticas aplicadas a la gestión de demanda de transporte 52
Tabla 6. Ventajas y desventajas de estrategias de evitación de la congestión vehicular 75
Tabla 7. Opinión sobre la importancia de la congestión vehicular 77
Tabla 8. Principales causas de tráfico en la ciudad 77
Tabla 9. Uso de su vehículo para desplazarse diariamente 78
Tabla 10. Tiempo en atascos de tráfico durante el día 79
Tabla 11. ¿Cuál usan? ¿Y con qué frecuencia? 82
Tabla 12. Ventajas y desventajas de plataformas usadas para *big data* 90
Tabla 13. Estructura de información generada por sensores 100
Tabla 14. Estructura de información que presentan los registros 101
Tabla 15. Muestra de archivo de emoticonos 106
Tabla 16. Distribución de tuits sobre tráfico vehicular 113
Tabla 17. Cobertura de tuits por intersección y día 122
Tabla 18. Cobertura de tuits por intersección y hora 127
Tabla 19. Cobertura de tuits en lugares sin sensores de flujo vehicular por intersección y día 137
Tabla 20. Cobertura de tuits por intersección y hora 141
Tabla 21. Distribución de tuits sobre tráfico vehicular provenientes de palabras 147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de Quito, distribuido por parroquias 13
Figura 2. Taxonomía de métodos y algoritmos de aprendizaje automático 36
Figura 3. Metodología de desarrollo iterativa-incremental 45
Figura 4. Lista de ciudades inteligentes 48
Figura 5. Ecosistema Hadoop 88
Figura 6. Flujo de información del sistema 94
Figura 7. Recolección de datos Apache Flume 97
Figura 8. Configuración de la aplicación mediante Apache Flume 98
Figura 9. Archivos generados durante la ejecución del agente Flume 99
Figura 10. Arquitectura de integración de información 101
Figura 11. Fases de análisis de sentimientos 104
Figura 12. Tuit extraído del corpus 106

Figura 13. Algoritmo Análisis de Sentimiento en funcionamiento 109
Figura 14. Resultado de la ejecución del algoritmo Análisis de Sentimiento 109
Figura 15. Arquitectura CartoDB 110

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolución del incremento vehicular en el DMQ 15
Gráfico 2. Tiempo de atascos en la ciudad 79
Gráfico 3. Uso de internet 80
Gráfico 4. ¿Para qué usa internet? 81
Gráfico 5. Si cree interesante el uso de la red social Twitter para enviar y recibir alertas acerca de la congestión vehicular 83
Gráfico 6. Uso de la red Twitter para enviar y recibir alertas acerca de la congestión vehicular 85
Gráfico 7. Representación espacial de casos de congestión vehicular por intersección y día 114
Gráfico 8. Representación espacial de casos de congestión vehicular por intersección y horas 115
Gráfico 9. Representación espacial de casos de congestión vehicular identificados mediante reportes de los agentes de tráfico por intersección y día 116
Gráfico 10. Representación espacial de casos de congestión vehicular identificados mediante reportes de los agentes de tráfico por intersección y horas 117
Gráfico 11. Representación espacial de tuits de tráfico vehicular por intersección y días 119
Gráfico 12. Representación espacial de tuits sobre tráfico vehicular por intersecciones y horas 120
Gráfico 13. Diagrama de dispersión de situaciones de congestión tuits-sensores por intersección y día 125
Gráfico 14. Diagrama de dispersión de situaciones de congestión tuits-sensores por intersección y día 134
Gráfico 15. Diagrama de dispersión de situaciones de congestión tuits-no sensores por intersección y día 139
Gráfico 16. Diagrama de dispersión de situaciones de congestión tuits-no sensores por intersección y hora 146
Gráfico 17. Correlación entre sensores y tuits provenientes de palabras clave por días de la semana 150
Gráfico 18. Correlación entre sensores y tuits provenientes de palabras clave, por horas 154

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del problema

Quito es la capital de la República del Ecuador. De acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Quito pasó a ser la ciudad con mayor número de habitantes en el año 2018, con un total de 2 690 150 habitantes [1], superando a la ciudad de Guayaquil en 18 340 habitantes, que pasó a ocupar el segundo puesto.

La ciudad de Quito es el centro económico del país donde se desarrollan actividades comerciales, administrativas y turísticas. Además, varios organismos se han instalado allí, como entidades gubernamentales, culturales y financieras que, entre otros, contribuyen al desarrollo y crecimiento del Estado [2].

Desde el punto de vista geográfico, la ciudad de Quito se encuentra situada en la hoya del Guayllabamba, sobre las laderas orientales del volcán Pichincha. Tiene una altitud promedio de 2800 metros. La ciudad está ordenada políticamente en 32 parroquias, las cuales se subdividen en barrios. Su infraestructura y conservación histórica permitieron que fuera declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad en 1978 [3].

Figura 1. Plano de Quito, distribuido por parroquias

Fuente: [4]

Debido a la expansión y desarrollo de la ciudad, motivado por el auge de la actividad comercial, ha aumentado la movilidad de los ciudadanos; con la finalidad de suplir esta necesidad, la cantidad de vehículos ha ido incrementándose en los últimos años. Uno de los problemas más importantes que tiene la ciudad como consecuencia de este

incremento es el caos del tráfico: cada vez son más frecuentes los atascos y los ciudadanos emplean más tiempo en trasladarse de un lugar a otro, principalmente en horas punta [5].

Según un informe de la Secretaría de Movilidad, «Evaluación de la movilidad en la ciudad de Quito para el plan metropolitano de desarrollo territorial (PMOT)» [6], la cantidad actual de vehículos en la ciudad es de 468 000 y el número de viajes de acuerdo al tipo de transporte en 2015 se indica en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

Tabla 1. Número de viajes de acuerdo al tipo de transporte en 2015

Motorizado	Transporte público	2 800 000	61,3 %
	Transporte privado	1 050 000	23,0 %
No motorizado	Peatonal	700 000	15,3 %
	Bicicleta	15 000	0,3 %
		4 565 000	**100,0 %**

Fuente: (Secretaría de Movilidad, 2014)

Analizando los datos del mencionado informe podemos decir que, en los últimos diez años, el parque vehicular ha experimentado un incremento acelerado, con variaciones anuales entre el 5 % y el 10 %, lo que ha llevado a un aumento de 15 000 a 35 000 vehículos por año. Los gráficos de tendencia que a continuación se muestran permiten estimar para el año 2030 un parque de aproximadamente de 1 150 000 vehículos, además de un acelerado incremento en la cantidad de vehículos por cada 1000 habitantes.

Esta situación podría resultar inmanejable al gestionar la movilidad de la ciudad. Como consecuencia de lo anterior, ha existido una reducción en el límite de velocidad de 19,9 km/h a 14,1 km/h, excepto en las troncales de los corredores integrados (*Bus Rapid Transit*, BRT, o «carril bus»), donde la velocidad promedio de viaje se mantiene constante en 19,8 km/h y, por consiguiente, el tiempo promedio que invierten los ciudadanos para realizar sus viajes se ha incrementado en un 7 % respecto al año 2008.

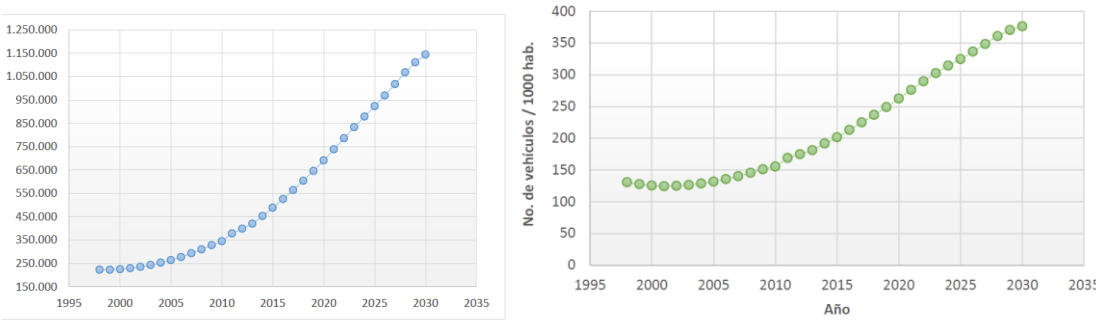


Gráfico 1. Evolución del incremento vehicular en el DMQ

Fuente: [6]

Como consecuencia de ello, la ciudadanía demanda soluciones que mejoren el flujo de circulación. Sin embargo, las medidas gubernamentales tomadas no han aminorado el efecto y el problema persiste en las vías principales. A continuación, se detallan algunas de las iniciativas adoptadas para solventar el problema de congestión vehicular en la ciudad.

- El «Pico y placa» es una medida de restricción vehicular que se ha implementado en varias ciudades de Latinoamérica, entre ellas Bogotá, Medellín (Colombia) y Ureña (Venezuela). Esta medida consiste en la restricción de la circulación de lunes a viernes en horas punta: desde las 07:00 hasta las 09:30 y de 16:00 a 19:30.

En el año 2013 las autoridades de Quito contrataron los servicios de la empresa Schneider-Electric para implantar una «solución integral de movilidad inteligente en la ciudad», basada en los siguientes aspectos [7]:

- Transporte público**.** Con el metro como la columna vertebral en torno a la que se articulan otros componentes del sistema de transporte de pasajeros.
- Sistema integrado de recaudo. La principal idea es que, con la adquisición de un solo billete de ingreso al Sistema Integrado de Transporte, el usuario podrá hacer uso de las diferentes modalidades de transporte.
- Movilidad no motorizada. Garantizar la circulación de peatones y ciclistas, como actores del sistema de transporte, a través de: señalización de los «carriles bici», alternativas de movilidad como Bici-Quito (BICIQ, sistema de alquiler de bicicletas públicas de la ciudad), recuperación de espacio público mediante la

construcción de bulevares y reformas urbanísticas que dan prioridad a los peatones.

- Sistemas de control. Matriculación de vehículos, control de vehículos mal estacionados, procesos de regularización de taxis, autobuses informales y registro electrónico de infracciones de tráfico (cruzar con el semáforo en rojo, incumplir la ordenanza de pico y placa)
- Sistema de gestión de tránsito. El componente central es el Centro de Gestión de la Movilidad (CGM), que permitirá centralizar todos los demás elementos, como el nuevo sistema de semaforización, o la foto-multa, dando a la ciudad la posibilidad de reacción inmediata y en condiciones reales.

Como soluciones alternativas se han implementado también [8]:

- QuitoCables. Es un sistema de transporte público en teleférico que forma parte del Sistema Integrado de Transporte Metropolitano (SITM-Q). Proporciona soluciones a las dificultades de transporte público para los barrios altos del distrito metropolitano de Quito. Tiene un flujo de 21 000 pasajeros al día en los 3,7 km de recorrido.
- Trolebús (Troncal Central Trolebús, o Trole). Es otro sistema de transporte público de la ciudad del SITM-Q. El corredor tiene 36 paradas y moviliza a unos 11 200 usuarios. El sistema cuenta con 70 troles eléctricos, que logran una disminución de 2 500 vehículos y reducen la emisión de gases
- BiciQuito. Es el sistema de alquiler de bicicletas públicas de la ciudad, con un flujo de aproximadamente 3 000 desplazamientos por día, 25 estaciones y 658 bicicletas en 39 km de carriles bici.
- MetroQuito. Este sistema, aún en fase de prueba, permitirá interconectar la parte norte y sur de la ciudad, mejorando los tiempos de desplazamientos. A A la fecha la obra ya está terminada y se encuentra en fase de pruebas.

Con la adquisición de varios sistemas integrados en un solo proyecto, el Nuevo Sistema de Semaforización adaptativo, la ciudad de Quito inició la incorporación de Sistemas de Transporte Inteligente (*Intelligent Transport Systems*, ITS) para cubrir las demandas de transporte público y privado. Se detallan a continuación los sistemas que forman parte de este proyecto:

- Sistema de control de tránsito adaptativo. Consiste en la instalación de semáforos automatizados a lo largo de 600 intersecciones de la ciudad, que son controlados desde el CGM. Este sistema se basa en videodetección de 1511 espiras virtuales, que comunican al sistema el estado de la congestión del tráfico en las 600 intersecciones en línea. Tomando en cuenta también que se trabaja mediante una red de fibra óptica [9].
- Sistema de Información al conductor en la vía (paneles de mensajes variables). En sitios estratégicos de una de las principales arterias de la ciudad, la vía Interoceánica, se instalaron ocho paneles que muestran mensajes cambiantes. El objetivo de estos sistemas es alertar de manera continua a los conductores de vehículos, y a la ciudadanía en general, de casos de desvíos y vías alternas, obras en la vía, accidentes, etc. La información que se muestra es la siguiente: situación de calles, avenidas (tiempos de trayecto, rutas alternas), incidencias (obras, accidentes) y situaciones meteorológicas adversas (lluvia, granizo, neblina).
- Sistema de prioridad de los autobuses de transporte público masivo (BRT o carril bus). Es un modo de transporte que dispone de una infraestructura especial, priorizando la circulación del transporte público sobre otros tipos de vehículos. Para esto se utiliza un Sistema de Posicionamiento Global (*Global Positioning System*, GPS), que informa sobre la ubicación de las unidades del servicio de autobuses de transporte masivo [10].
- Sistema de aspa-flechas. Está diseñado para indicar la disponibilidad o prohibición de circulación en los carriles de los túneles en casos de emergencia. De esta forma se pueden controlar las operaciones de mantenimiento, como la de carriles reversibles en flujo y contraflujo. Cuando los usuarios o conductores que transitan por los túneles observan el aspa (una «X») en color rojo, significa que el carril está cerrado a la circulación de vehículos. Por el contrario, cuando el aspa está en color verde, la vía está abierta a la circulación [11].
- Sistema de control para infracciones de tráfico. Este sistema, conocido también como «fotomulta», trabaja con 63 cámaras especiales instaladas en puntos estratégicos de la ciudad. Estas cámaras son las encargadas de captar cuatro fotografías y un video, material que servirá de prueba para aplicar las sanciones correspondientes a conductores que no respeten la luz roja o invadan el carril de los BRT. Se usa un sistema de sensores bluetooth, wifi, cámaras ANPR y radares

ubicados en 450 puntos de intersección de la ciudad que presentan información del número de vehículos que circula por cada punto y los tiempos de recorrido, así como realizan el control de exceso de velocidad [12].

- Sistema para simulación de condiciones de circulación. Este sistema es operado conjuntamente por la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP) y la alcaldía de Quito, que realizan actividades de simulaciones computerizadas de toda la red vial de la ciudad. Estas actividades están enfocadas al manejo de incidentes y grandes contingencias o catástrofes. Para ello el sistema utiliza un programa simulador de circulación que permite dibujar todas las intersecciones de la ciudad y ensayar soluciones a múltiples problemas que se presentan.
- Sistema de monitoreo de circulación. El sistema de monitoreo de circulación utiliza cámaras de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), dispositivos modernos para controlar las actividades del tránsito de la ciudad. Al momento de captar la imagen, la señal llega en directo al Centro de Gestión de la Movilidad (CGM) con nivel T2 (clasificación del Uptime Institute de Estados Unidos), lo que permite asegurar la operatividad del centro, aun ante eventos catastróficos [7].
- Sistema integrado de gestión (*Integrated City Management*, ICM). El sistema ICM permite integrar toda la información relacionada con la circulación y el transporte de la ciudad. Esta información es publicada utilizando herramientas como páginas *web*, teléfonos inteligentes y otros mecanismos. Con esta plataforma, la ciudad integra todos los elementos que conforman la infraestructura vial: sistema de control de la circulación, sistema semafórico adaptativo, peajes, túneles, aparcamientos, aparcamientos rotativos en superficie (zona azul) y además el transporte público y privado [7].

Las soluciones especificadas anteriormente resuelven de forma parcial los problemas asociados a la congestión vehicular de la ciudad. Por ello requiere de atención urgente, ya que es parte de la realidad cotidiana de Quito, lo que origina la principal motivación para el estudio de este fenómeno y la búsqueda de soluciones.

2. Justificación

Muchas ciudades en todo el mundo están utilizando soluciones tecnológicas que contribuyen a mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos [13, 14], abordando programas relacionados con lo que se ha dado en llamar ciudades inteligentes. En este sentido, las tecnologías de la información y la comunicación (*Tecnology Information Comunication*, TIC) utilizadas en estas ciudades abarcan muchos ámbitos, también el transporte y la movilidad, que implican el desplazamiento de personas y bienes.

El desarrollo de la informática y las telecomunicaciones trae consigo además un incremento de la cantidad de dispositivos, teléfonos móviles y equipos electrónicos conectados a redes de comunicaciones. Ya es común que en cada vehículo pueda haber pasajeros conectados a redes sociales como Facebook, Instagram y Twitter. Producto del largo tiempo que pasan estos pasajeros en los atascos puede haber un aumento de la interacción con estas redes sociales y a menudo se refieren en sus mensajes y fotografías a esos mismos atascos.

Como ya se ha detallado en el epígrafe anterior, en la ciudad de Quito se han aplicado diversas medidas que pretender mejorar la movilidad en la ciudad. Sin embargono han dado los resultados esperados, en parte debido a que no todos los planes se han aplicado en su totalidad: los problemas de tráfico persisten.

Frente a esto, se propondrá el uso de aplicaciones informáticas, que toman datos capturados, gestionados y procesados en un tiempo razonable, lo que permitirá obtener información relacionada con el tráfico de vehículos en la ciudad de manera más rápida y oportuna utilizando para este propósito la red social Twitter como una herramienta importante de recolección de datos a través de etiquetas y palabras clave. Esta información recolectada de la red social facilitará la detección de situaciones de congestión vehicular.

Actualmente el Centro de Movilidad de Quito no dispone de una aplicación que permita observar el tráfico de la ciudad en tiempo real. De ahí que el sistema de información propuesto pretenda analizar los datos generados por el tráfico vehicular de la ciudad obtenidos a través de los sensores y el uso de la red social Twitter. Esta solución representa un medio simple y de bajo coste a través de la utilización de los teléfonos

inteligentes, lo cual ayudará a la toma de decisiones, impulsando así el uso de la tecnología aplicada a fuentes de datos.

El sistema informático propuesto pretende ser una de las alternativas principales en la detección oportuna de situaciones de congestión vehicular de la ciudad de Quito.

3. Objetivos

A continuación se detalla el objetivo general y los objetivos específicos que se constituyen en el factor motivacional principal para el desarrollo del presente trabajo.

3.1. Objetivo general

El principal objetivo de esta investigación consiste en el desarrollo de un sistema de información que permita recolectar, procesar y analizar los datos de tráfico vehicular, procedentes de distintas fuentes de datos (sensores y redes sociales), originados en la ciudad de Quito, para el diseño de estrategias de acción, que reduzcan la congestión vehicular, mediante el empleo de la tecnología.

3.2. Objetivos específicos

Para lograr el objetivo principal, se articulan los siguientes objetivos específicos:

1. Investigar las prácticas utilizadas a nivel mundial en relación a movilidad inteligente que permita servir de base con el fin de mejorar el tránsito vehicular en la ciudad de Quito.
2. Realizar una investigación cuantitativa en la ciudad de Quito que permita obtener información específica de la percepción de la población con respecto a la problemática de la congestión vehicular y sus posibles soluciones.
3. Desarrollar un sistema que permita recolectar, procesar y analizar, en tiempo real, datos del tráfico de la ciudad provenientes de sensores y de la red social Twitter que faciliten la toma de decisiones relativa a la movilidad en la ciudad.
4. Evaluar la eficiencia del sistema de información desarrollado en la detección de situaciones de congestión vehicular en la ciudad de Quito, tanto en intersecciones que cuentan con sensores de tráfico como en aquellas que no disponen de esta tecnología.

El detalle y la metodología aplicada para lograr cada uno de los objetivos se presentan en el capítulo III.

4. Hipótesis

1. En las intersecciones de la ciudad de Quito que cuentan con sensores de tráfico, el número de congestiones detectadas únicamente con los datos de la red social Twitter cubre un porcentaje significativo de las congestiones detectadas con los sensores de tráfico.
2. El número de congestiones detectadas únicamente a través de la red social Twitter en intersecciones sin sensores de tráfico instalados cubre un porcentaje significativo del total de congestiones registradas en esos lugares por el Centro de Movilidad.
3. La información procesada únicamente de tuits relacionados con el tráfico en la ciudad de Quito pero que no incorporan las etiquetas gubernamentales #TraficoUIO, #ViasAlternasUIO, #MovilidadUIO y #RadaresUIO permite detectar un número significativo de situaciones de congestión vehicular.

5. Estructura y sinopsis de esta tesis

La tesis se organiza en cinco capítulos de la siguiente forma:

El capítulo I presenta el planteamiento del problema, la justificación del estudio, establece los objetivos y las hipótesis de la investigación.

El capítulo II desarrolla la fundamentación teórica existente a nivel mundial acerca de la congestión vehicular, su medición, sus metodologías e indicadores, además de las técnicas propuestas en la bibliografía para reducirla.

El capítulo III establece la metodología de trabajo que se aplicará para el cumplimiento de los objetivos, así como el contraste de las hipótesis planteadas, especificando el alcance del estudio, el diseño de investigación, con los métodos e instrumentos y el cálculo de la muestra óptima a entrevistar.

El capítulo IV presenta los resultados de la investigación y el cumplimiento de los objetivos, los cuales están divididos en cuatro partes principales: la primera que

establece un análisis de las herramientas tecnológicas utilizadas a nivel mundial en relación a movilidad inteligente, como base para el mejoramiento de la movilidad en la ciudad de Quito. Un segundo aspecto que corresponde a la elaboración de una investigación cuantitativa, para conocer la percepción de los habitantes de la ciudad con respecto a la problemática de la congestión del tráfico y sus posibles soluciones; posteriormente se presenta el desarrollo del sistema informático, que servirá de apoyo a la toma de decisiones en tiempo real, en situaciones de congestión vehicular y, finalmente, se realiza la evaluación de la solución implementada y el contraste de las hipótesis.

Por último, el capítulo V describe las conclusiones generales segmentadas por cada objetivo planteado, así como las recomendaciones y propuestas de trabajos futuros.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El presente capítulo muestra información relacionada con aspectos de congestión vehicular, con la finalidad de servir de sustento teórico y presentar terminología requerida para el desarrollo del trabajo de tesis.

1. Introducción

La Real Academia de la Lengua Española define la congestión como la obstrucción del paso, circulación o movimiento, como es el caso del tráfico vehicular [15, p. 1].

Normalmente se interpreta como la aglomeración de muchos vehículos en las vías de circulación que impide el desplazamiento rápido y fluido. Esta definición es poco precisa, en cierto modo, y no aclara de forma suficiente la situación, por lo que otros autores han determinado que existe congestión cuando la demanda sobrepasa la capacidad de infraestructura. Se define entonces la congestión vehicular como la situación de circulación donde ocurre una saturación debido al uso simultáneo de las vías, incrementando los tiempos de viaje y generando tráfico, tanto en contextos extraurbanos como interurbanos [16].

La congestión está inmersa en dos factores, micro y macro, siendo el nivel micro el tráfico que se genera en la vía y la cantidad de personas que se movilizan; mientras que el factor macro es la falta de medidas planificadas para controlar más eficazmente la congestión. El retraso de viajes usualmente está relacionado con accidentes, averías de vehículos, señales de tráfico, eventos sociales y culturales y condiciones meteorológicas, entre otros aspectos [17].

2. Elementos de la congestión

Indicadores

Los problemas de congestión obligan a buscar alternativas de medición que contribuyan a plantear nuevas acciones. De ahí que sea importante describir cuáles son las métricas o indicadores que caracterizan el estado de la circulación; estos indicadores deben definirse de manera que sean representativos, comparables y comprensibles.

Tabla 2. Indicadores de congestión vehicular

	Indicador	Descripción
Indicadores basados en la velocidad	Velocidad media de tráfico (Vmt)	Refiere la velocidad media de los viajes en vehículos
	Velocidad de tráfico en hora punta	Velocidad de tráfico en la hora punta
Indicadores temporales en base a retardos	Horas anuales de retraso	Horas de viaje extra debido a la congestión
	Retraso anual per cápita	Horas de tiempo extra divididas por área de población
	Retraso anual por usuario en carretera	Horas de tiempo extra en el viaje dividido por el número de usuarios en la carretera en periodos punta
	Tiempo medio de viaje	El promedio de los tiempos de viaje
	Tiempo de viaje estimado	Tiempo estimado de viaje en un enlace de carretera (usado en conjunto con señales de mensaje variables)
	Tiempo de congestión	El tiempo que duran las condiciones de congestión en horas punta
	Retraso por km de camino	Diferencia entre el tiempo de viaje de referencia y el tiempo de viaje congestionado por kilómetro de red
	Tiempo de viaje en índice de congestión	Porcentaje de viaje en vehículos que ocurre bajo condiciones congestionadas en periodo punta
	Índice de tiempo de viaje	La relación entre el periodo punta y los tiempos de viaje de flujo libre, considerando recurrencias y retrasos (ej., accidentes de tráfico).
	Proporción de tiempo de viaje	Relación entre el periodo punta y los tiempos de viaje de flujo libre, considerando solo retrasos recurrentes (retrasos normales de la congestión)
Indicadores espaciales	Carril congestionado (km)	El número de km de la hora punta congestionados en el recorrido
	Carretera congestionada (km)	Proporción de la carretera que se encuentra congestionada en horas punta
	Índice de conectividad de red	Un índice que representa el número de nodos e intercambios dentro de una red de carreteras
Nivel de servicio/indicador de capacidad	Nivel de servicio de carretera (LOS)	Intensidad de los retrasos de congestión en una carretera o intersección. Clasificada de A (sin congestión) hasta F(extremadamente congestionada)
	Índice de saturación	Proporción entre el flujo observado y la capacidad de construcción de la carretera
	Índice de variabilidad de congestión	Relaciona la variabilidad de las velocidades de desplazamiento por la red
	Media *vs* varianza de tiempos de viaje	Medida de la desviación estándar de los tiempos de viaje en un enlace o en la red durante un periodo determinado
	Distribución de los tiempos de viaje	Percentil-media: Diferencia entre el 80 o 90 percentil de la distribución del tiempo de viaje y la mediana (percentil 50)
Costos económicos /indicadores de eficiencia	Coste anual de congestión	Horas de tiempo extra de viaje (generado por desplazamiento por debajo de la velocidad de referencia) multiplicado por un valor de tiempo de viaje, más el valor del consumo de combustible adicional. Se trata de un coste monetizado de congestión
	Coste de congestión externo marginal	Los costes adicionales externos por cada vehículo adicional de la red
	Pérdida de peso muerto total	La suma total de las pérdidas globales (coste-beneficio) incurridas para un determinado nivel de uso/tráfico
	Pérdida promedio de peso muerto por vehículo/km	La pérdida de peso muerto dividida por el número de vehículos/km que dan lugar a esa pérdida

Fuente: [18, 19]

Técnicas de detección

Como se ha visto, la congestión vehicular es un problema complejo y para obtener un monitoreo personalizado y robusto se necesitan técnicas que permitan la detección de la congestión, dentro de las cuales se encuentran:

- Técnicas basadas en sensores fijos. Trabaja con sensores que son detectores inductivos de bucle y sensores magnéticos que se despliegan en el transcurso del camino para obtener información rápida del tráfico vehicular [20].
- Sensor magnético. Es una tecnología de bajo coste de bucle de inducción que usa un sensor magnético para detectar la congestión mediante la información de velocidad y la longitud del vehículo [21].
- *Detector Loop* (bucle detector). Las técnicas más usadas son el *Detector Loop* —el mismo que trabaja con detectores de bucle inductivo que se colocan en el camino—, que detecta los vehículos que circulan sobre la base de la distancia entre ejes. Esta técnica es muy usada para medir el tiempo de viaje de los vehículos en cada estación de detección, datos que sirven para estimar la congestión vehicular [20].
- Técnica de imagen. Es una técnica que utiliza sensores con circuito cerrado de televisión desplegados a un lado de la carretera. El nivel de congestión se mide mediante el procesamiento de imágenes. Como parte de la obtención de imágenes se utilizan satélites, por lo que es un sistema costoso, que requiere de mantenimiento y de detectores bucle. Un factor importante a considerar es que el posicionamiento y distribución de las cámaras es esencial para obtener la información deseada [29].
- Comunicación de vehículo a vehículo. La comunicación cooperativa intervehicular (*Vehicle to Vehicle* o V2V) es un sistema que trasmite periódicamente la información entre vehículos, conocida como *Common Awareness Messages* (CAM), con el fin de anunciar su presencia a los nodos vecinos proporcionando información acerca de su velocidad y ubicación. Muchas de las técnicas propuestas se basan en el intercambio periódico de paquetes concretos distintos de balizas o CAMs. Estos paquetes inicialmente no son considerados dentro de las normas de cooperación y son transmitidos para estimar las condiciones de tráfico de carretera [23, pp. 2-5].

- La alternativa a este mecanismo es trasmitir la información en forma de mensajes y alertar de cierta forma sobre las condiciones del tráfico, así como la ubicación. Sin embargo, la información debe ser usada adecuadamente para evitar que exista sobrecarga en la base del sistema y lo colapse, disminuyendo la posibilidad de que todos conozcan la información de tráfico.
- Redes sociales. Es otro mecanismo de información y detección de tráfico vehicular mediante mensajería compartida por los usuarios en tiempo real. Las redes sociales son comunes en esta clase de técnicas que ayudan a conocer de forma masiva lo que pasa a nivel mundial y son de alto impacto. Pero pueden ser un mecanismo para conocer el tráfico que se genera día a día [24].

  De acuerdo con Grosenick [25, p. 72]:

  > Combinando la detección de incidentes humanos que son transmitidos y extraídos de las redes sociales con las técnicas de modelado de tráfico existentes, pueden proporcionar una nueva dirección prometedora para mejorar la precisión en la predicción de la velocidad del tráfico.

  Existen varias herramientas utilizadas para la detección del tráfico, una de ellas es la red social Waze: una aplicación de tráfico y navegación basada en la comunidad. Es la primera aplicación de mensajería con ICQ («*I seek you*»), o GetTAXI. Su aplicación móvil tiene más de 1,5 millones de usuarios.

  > Waze es alimentado y usado por conductores de todo el mundo, que se conectan entre sí y trabajan juntos para mejorar la experiencia de conducción de todos. Al ser una aplicación de navegación y tránsito basada en la comunidad, Waze fue creada como una herramienta de navegación social para autos privados. Es por esto que actualmente no soporta la navegación en carriles exclusivos para transporte público, bicicletas o camiones [26, p. 1].

  En Quito, la aplicación Waze tiene cobertura total dentro de la ciudad y sus alrededores y dispone de mapas completos. Sin embargo el poco uso que se da a la aplicación no siempre permite tener actualizadas las rutas con mayor tráfico.

- *Global Position Systems* (GPS). Aparece en la década de los 90, de la mano de las aplicaciones SIG (Sistemas de Información Geográfica). Estas aplicaciones

permiten al usuario la posibilidad de ubicar los vehículos y su movimiento en tiempo real, lo que puede facilitar la toma de decisiones. Estas aplicaciones convierten los automóviles y las arterias viales en «inteligentes» [14].

- Google Maps. Es una novedosa y útil herramienta para la detección de situaciones de tráfico mediante la utilización graduada de una paleta de colores, verde para las calles con bajo tránsito y rojo con negro para intersecciones que registran alta congestión. En la actualidad, en Latinoamérica existen dos ciudades que están utilizando esta herramienta, Lima y Santiago de Chile [27, 28].

Estrategias de gestión

Seguidamente se detallan estrategias de gestión de la congestión vehicular detectada por las herramientas arriba mencionadas:

- Añadir más capacidad. La estrategia está orientada a incrementar el número y tamaño de autopistas, medios de circulación como autobuses, metros, servicio ferroviario, entre otros. Alternativas que permitan una mayor movilización dentro de las zonas urbanas, evitando así la aglomeración de vehículos y la congestión en horas punta [29].

  Sin embargo, este condicionante se vuelve cada vez más complejo por el diseño y estructura de las ciudades; las limitaciones hacen que cada vez las posibilidades se reduzcan. Por consiguiente, al ser una estrategia a futuro, el planteamiento debe estar orientado a establecer redes de carreteras en las que se pueda reducir y controlar la congestión.

- **Gestión de la demanda de viajes**. Se refiere a que los usuarios utilizan otras alternativas de transporte cambiando la manera de viaje y la forma de vida, por ejemplo con horarios flexibles y carreteras para vehículos de alta ocupación, disminuyendo así el uso de vehículos en la red de carreteras y promoviendo el uso de otras alternativas de transporte [30].

- **Gestión de la capacidad.** Esta estrategia está orientada a explotar los recursos actuales evitando la construcción de nuevas infraestructuras. Con esto se pretende mitigar la amplia variedad de sucesos en las carreteras, con el fin de establecer carreteras eficientes mediante el uso de tecnologías avanzadas que

permitan obtener información real acerca de la condición de la autopista, estableciendo acciones de solución y control en aquellas áreas o sectores en donde existe mayor congestión [31].

Otra de las alternativas con relación a este sistema es el esquema de precios, lo que incluye el cobro del uso de los carriles que usualmente están relacionados con el número de personas en el vehículo y la hora del día, dos variables que pueden ser aprovechadas por el mercado y que contribuirían a disminuir la congestión y los costes económicos y ambientales [32].

3. *Intelligent transport systems* (ITS)

En el contexto de las ciudades inteligentes existe un conjunto de herramientas que son fundamentales para la optimización de la gestión del flujo vehicular ITS, herramientas que se estudian en el siguiente apartado.

3.1. Introducción

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, por sus siglas en inglés) surgen en los años 90 como una opción a los efectos negativos del incremento del tráfico para cubrir las necesidades de movilidad, focalizados de manera especial en el sector urbano e interurbano. Estos sistemas están diseñados para ayudar a generar una movilidad sostenible mediante el mejoramiento de la eficacia y eficiencia de los mecanismos de transporte, proveyendo además seguridad a sus usuarios [14].

Los ITS son resultado de un proceso expansivo iniciado en la primera mitad de los años 40 que involucra las innovaciones en tecnologías de la comunicación e información. La de los 80 fue una década significativa en este ámbito, con las innovaciones relacionadas con los microcomputadores y redes de datos de bajo coste, que prepararon la revolución que se produjo a mediados de los años 90.

Existen varias tecnologías, como la telefonía móvil y los Asistentes Personales Digitales (*Personal Digital Assistant* o PDA), que facilitan la implementación de los ITS; permitiendo el acceso a la red de datos, el conductor puede utilizar la información colgada en la red desde el sitio donde se encuentra. La tecnología *Global System Mobile*

(GMS) ha sido reemplazada por una nueva y mejor tecnología conocida como *Universal Mobile Telecommunication Service* (UTMS) que facilita la conexión a internet mediante la utilización del protocolo *Wireless Application Protocol* (WAP).

En la década de los 90 aparece la tecnología *Global Position Systems* (GPS), otra tecnología de comunicación diseñada especialmente para lograr la eficiencia de los ITS, además de estar ligada a la movilidad vehicular. De la mano aparecieron también las aplicaciones SIG, aquellas que habilitan al usuario para ubicar los vehículos y su movimiento en tiempo real.

3.2. Características de los ITS

Las aplicaciones de los ITS abarcan un amplio espectro. Usualmente se encuentran integradas con los subsistemas de administración de mercancías y con todo tipo de transporte de pasajeros.

En lo referente a la disminución y prevención de la congestión, cabe destacar los sistemas de monitoreo automatizado de automóviles. Con estas modalidades de control se puede redireccionar el tráfico hacia las vías con menos aglomeración, lo que está siendo ampliamente implementado.

Muchos de los principales países industrializados están desarrollando estrategias nacionales integrales para acelerar e integrar el uso de ITS, en la tarea de modernización de sus sistemas de transporte. Dos de las estrategias más avanzadas son las utilizadas por Japón y Estados Unidos. En términos de inversión, la estrategia ITS japonesa para los próximos tres años tuvo un presupuesto de más de ocho mil millones, de los cuales un 13 % fue asignado a investigación y desarrollo [33].

En los Estados Unidos, el gobierno federal destinó unos ocho mil millones de dólares para ITS durante los años 1998-2003. Estos dos países anticiparon que los beneficios de estos ITS podrían reducir los accidentes de tráfico entre un 20 y un 40 % o más, y recortar los tiempos de viaje urbano en torno al mismo porcentaje, asistiendo a viajeros, industria y ambiente [33].

En la tabla 3 se puede apreciar que existe una gran variedad de paquetes de servicios a los que los usuarios pueden acceder referidos a la gestión del tráfico, que se basan en

administrar situaciones que afectan al desarrollo normal del flujo vehicular, manejando situaciones generadas por accidentes, soporte a la planificación del transporte público y administración de la infraestructura vial, entre otras.

Otra serie de servicios ITS son comunes al medio urbano e interurbano, como los pagos electrónicos: peajes, billetes de tren, metro o autobús y utilización de tarjetas inteligentes [34].

Estos sistemas ITS presumen la atención, el descubrimiento y respuesta, ayudando de esta forma a la identificación y prevención de incidentes, advertencias de choques, etc. También contribuyen con alternativas para solucionar la congestión de las vías y administrar de forma conjunta las emergencias.

Tabla 3. Servicios de ITS

Paquete de Servicio de usuario	**Servicio del usuario**
Gestión del tráfico	Soporte para el planteamiento de transporte Manejo de accidentes Gestión de demanda Vigilancia y cumplimiento de normas de tráfico Manejo del mantenimiento de infraestructura
Información del viajero	Información previa alviaje Información del viaje para el conductor Información para transporte público durante el viaje Servicios de información personal Guía y navegación de ruta
Sistema de vehículos	Mejoras en la visión Vehículos de operación automática Evitar las condiciones longitudinales Preparación de la seguridad Reducción del desplazamiento prechoque
Vehículos comerciales	Preliberación del vehículo comercial Proceso administrativo del vehículo comercial Inspección automatizada en la vía Monitoreo de seguridad en vehículo comercial Gestión de flota de vehículos comerciales
Transporte público	Manejo del transporte público Manejo de la respuesta a la demanda del transporte Manejo compartido del transporte
Manejo de emergencias	Notificación de la emergencia y protección personal Manejo de emergencias vehiculares Materiales peligrosos y notificación del incidente
Pago electrónico	Transacciones financieras electrónicas
Seguridad	Protección pública del desplazamiento Mejoras en la seguridad para usuarios vulnerables de la ruta Intersecciones inteligentes

Fuente: Elaborado a partir de [34]

Una de las actividades principales de los ITS de gestión del tráfico se basa en la recopilación de datos de la infraestructura y dispositivos móviles a través de diferentes sensores para realizar estimaciones. La recogida de datos del tráfico en tiempo real y las condiciones del camino constituyen un reto importante en tales aplicaciones. Los métodos más tradicionales para la recopilación de eventos relacionados con el transporte suelen depender de sensores de infraestructura como cámaras de vigilancia y bucles inductivos [35].

El distrito metropolitano de Quito inició años atrás su proceso de incorporación de soluciones ITS con la contratación de varios sistemas para atender las necesidades en transporte público y privado. Uno de ellos es el sistema de gestión del tráfico cuyo principal componente es el CGM, que permite concentrar a su vez otros componentes, como el nuevo sistema de semaforización, o las foto-multas, dando a la ciudad la posibilidad de reacción inmediata y en condiciones reales [7].

4. Análisis de medios sociales

Los medios sociales constituyen una herramienta que apoya a los sistemas de gestión del tráfico, los cuales son parte de la arquitectura de los ITS, pues representan una ayuda a estos sistemas al permitir que conductores muestren las rutas más cortas y algunos datos de conducción, como la congestión, los accidentes y las obras en la vía. Los sistemas de detección de tráfico dependen de la recolección en tiempo real de datos relacionados con la carretera donde los usuarios comparten sucesos en tiempo real, lo que puede ayudar a compilar el estado del tráfico en diferentes carreteras.

El uso de la red social Twitter ha atraído la atención porque permite la detección de eventos de tráfico en tiempo real. Recientemente, varios artículos proponen diferentes sistemas para detectar la congestión del tráfico en una ruta específica basados en los datos de Twitter [36].

El siguiente apartado muestra un estudio de la técnicas y herramientas de medios sociales más utilizadas, que pueden ser aplicadas al presente trabajo de investigación.

4.1. Introducción

Social Media Analytics (o *Social Network Analytics*), se encarga de recoger y analizar el contenido de redes sociales como Facebook, Twitter o Instagram, entre otras, información que una vez procesada puede servir para distintos propósitos.

Los medios sociales se definen como aplicaciones de internet basadas en la *web* y los dispositivos móviles que permiten la creación, el acceso y el intercambio de contenido generado por el usuario que se encuentra en cualquier lugar. Las redes sociales son especialmente importantes para la investigación en ciencias sociales computacionales que utilizan técnicas cuantitativas (por ejemplo, estadísticas computacionales, aprendizaje automático y complejidad) y macrodatos, para minería de datos y simulación de modelos [37].

Generalmente, en los medios sociales existe un sistema de información y usuarios en la *web* que realizan interacciones directas con ella. Dos o más usuarios constituyen explícita o implícitamente una comunidad, es decir, una red social. El usuario en las redes sociales generalmente es llamado «actor», quien puede interactuar directamente con el sistema, además de usar los servicios que ofrece la red social.

Existe una gran variedad de redes sociales, entre las principales se encuentran Wikipedia, Facebook, Twitter, Instagram y LinkedIn. Los investigadores encuentran continuamente nuevas e innovadoras fuentes de datos para reunirlos y analizarlos juntos. Por este motivo, al realizar el análisis de textos, se deben considerar diversos tipos de fuentes, como redes sociales, *feeds* RSS (*Really Simple Syndication*, un formato XML para distribuir contenido en la *web*), bitácoras (o *blogs*) y noticias, que se complementan con datos financieros, de telecomunicaciones, geoespaciales y potencialmente datos de voz y video, que se subdividen en:

- **Conjuntos de datos históricos.** Previamente acumulados y almacenados
- Datos sociales/noticias, financieros y económicos.
- ***Feeds* en tiempo real.** *Feeds* (archivos) de datos en vivo de redes sociales transmitidas
- Medios, servicios de noticias, intercambios financieros, telecomunicaciones,
    - servicios, dispositivos GPS y voz.

- **Datos sin procesar.** Datos de computadora no procesados directamente desde fuente que puede contener errores o puede estar sin analizar.
- **Datos limpios.** Corrección de datos sucios causados por valores atípicos recolectados.

Los cuatro formatos más comunes utilizados para marcar texto son HTML, XML, JSON y CSV.

- **HTML.** Lenguaje de marcado de hipertexto (*Hypertext Markup Language*) conocido como el lenguaje de marcado para páginas *web* y otra información que se puede ver en un navegador *web*. Consiste en elementos HTML que incluyen etiquetas encerradas entre antilambdas (< >)dentro del contenido de la página *web*.
- **XML** Lenguaje de marcado extensible (*Extensible Markup Language*): el lenguaje de marcado para estructurar datos para definir elementos.
- **JSON.** Siglas que corresponden a *JavaScript Object Notation*, un estándar abierto basado en texto ligero para el intercambio de datos derivado de JavaScript.
- **CSV.** *Comma-separated values* o valores separados por comas: se trata de un tipo de archivo donde los valores se representan en una tabla como una serie de líneas de texto ASCII, organizadas de modo que cada valor de columna esté separado por una coma del valor de la siguiente columna, y cada fila comience en una nueva línea.

Las principales fuentes para obtener acceso en línea a tiempo histórico y en tiempo real a datos de las redes sociales son:

- **Medios de comunicación en redes sociales.** Acceso a conjuntos de datos históricos y también acceso en tiempo real a las fuentes, con un retardo de 15 minutos, como sucede con Thomson Reuters y datos financieros de Bloomberg.
- **Datos de noticias.** Acceso a datos históricos y noticias en tiempo real a conjuntos de datos, a través del concepto de licencias de datos.
- **Datos públicos.** Acceso a importantes datos públicos; disponible a través de RSS, *blogs* o bases de datos gubernamentales abiertas.
- **Interfaces programables.** Los investigadores también necesitan acceso a interfaces simples de programación de aplicaciones (*Application Programming*

Interface, API) para almacenar otras fuentes de datos disponibles que no pueden ser recogidas automáticamente.

Las redes sociales se pueden clasificar en categorías, basadas en los contenidos del servicio:

- ***Blogging***: El usuario puede publicar explicaciones, sentimientos, evaluaciones, acciones e ideas acerca de ciertos temas que incluyen aspectos personales o sociales en un texto al estilo de un diario o bitácora.
- ***Microblogging***: El usuario escribe a menudo sobre un tema determinado en un texto de menor extensión, por ejemplo, un tuit.
- ***Crowdsourcing***: El usuario puede externalizar una parte de su trabajo o todo distribuyéndolo entre colaboradores externos.
- **Colaboración**: Permite a los usuarios el trabajo cooperativo y la publicación de los resultados.
- **Noticias sociales**: El usuario puede contribuir con noticias como fuente principal y también volver a publicar noticias ya difundidas.

4.2. Red social Twitter

En la red social Twitter los usuarios generan actividades en línea, compartiendo noticias y circunstancias diversas en las que están inmersos o de las que participan. En esta red social los usuarios pueden generar textos de hasta 280 caracteres, y los usuarios que «siguen» al remitente podrán recibir estos mensajes en su llamada «línea de tiempo». El servicio proporciona un componente (API) que permite leer y manipular líneas de tiempo y varios objetos de Twitter en nombre del usuario. Gracias a esta fácil extensibilidad y acceso a este componente, también es posible descargar conjuntos de datos de ejemplo, que se pueden utilizar para analizar la actividad del usuario, lo que la convierte en una importante fuente de información útil para el análisis y posterior utilización para la toma de decisiones en la resolución de problemas de diversa índole [38].

4.3. Técnicas de análisis de redes sociales

El aprendizaje automático es una herramienta básica para agregar inteligencia y extraer información valiosa de las redes sociales. Existen algunos conceptos generalizados que se utilizan para el análisis de redes sociales: análisis de textos, procesamiento de lenguaje natural y minería de gráficos.

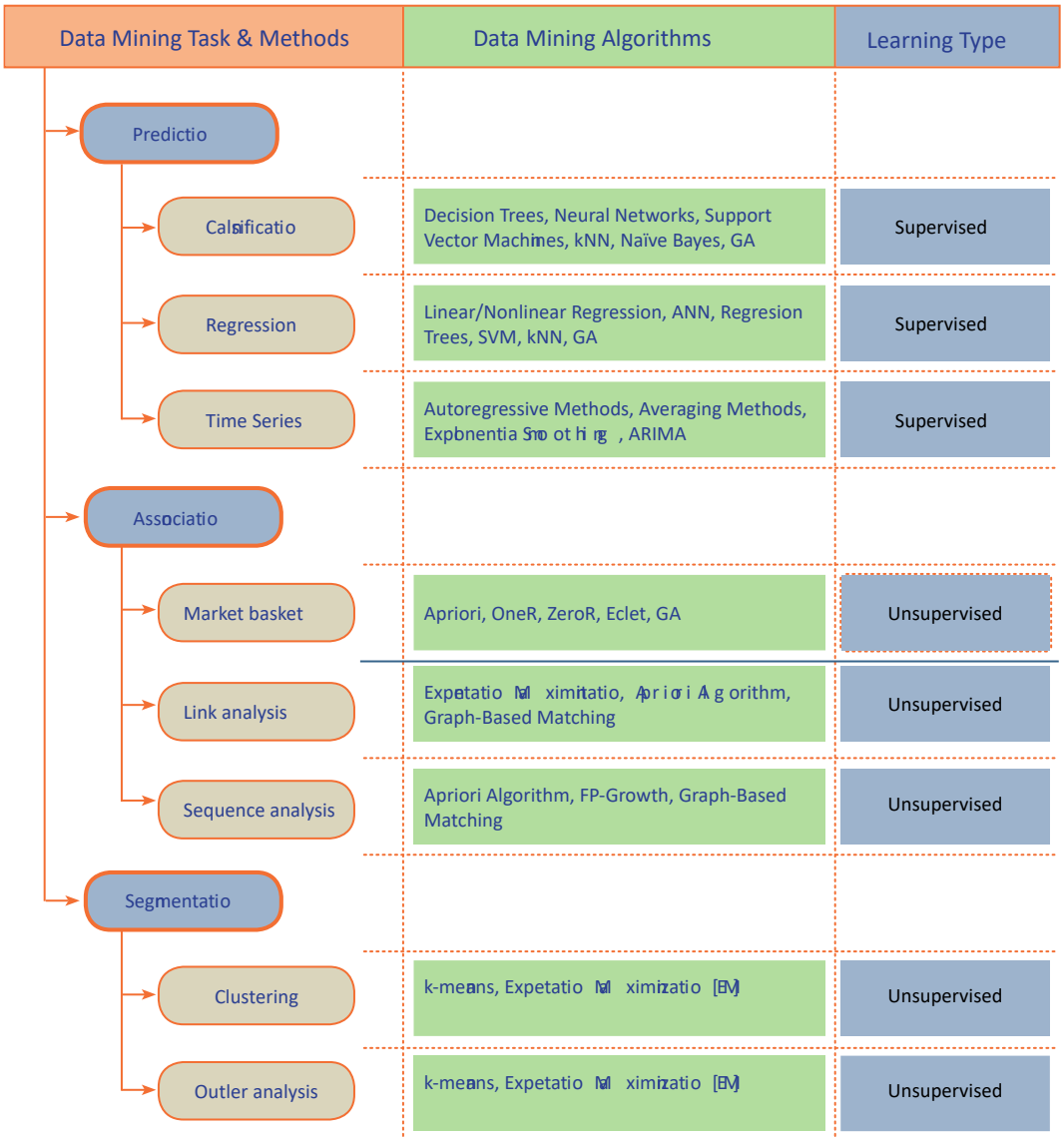
La primera noción permite recuperar información no trivial de datos textuales, como marcas o nombres de personas, relaciones entre palabras, extracción de números de teléfono, URL (*Uniform Resource Locator*), etiquetas, y así sucesivamente. El procesamiento del lenguaje natural es más extenso y tiene como objetivo encontrar el significado del texto mediante el análisis de su estructura, la semántica y los conceptos, entre otros.

Las redes sociales también pueden representarse mediante estructuras gráficas. Estos métodos ayudan a descubrir relaciones, caminos, conexiones y grupos de personas, marcas, temas, etc., en redes sociales.

La extracción de opiniones (o el análisis de sentimientos) es un intento de aprovechar las vastas cantidades de texto y contenido de noticias generado por el usuario en línea. Una de las características principales de dicho contenido es su desorden textual y su alta diversidad. Aquí, el procesamiento del lenguaje natural, la lingüística computacional y el análisis de texto se implementan para identificar y extraer información subjetiva del texto de origen. El objetivo general es determinar la actitud de un escritor (u orador) con respecto a algún tema o la polaridad contextual general de un documento.

El análisis de sentimientos automatizado de textos digitales utiliza elementos del aprendizaje automático, como el análisis semántico latente, las máquinas de vectores de soporte, el modelo de bolsa de palabras y orientación semántica. En un sentido general, las técnicas más empleadas del aprendizaje automático al análisis de datos sociales se

resumen en la



.

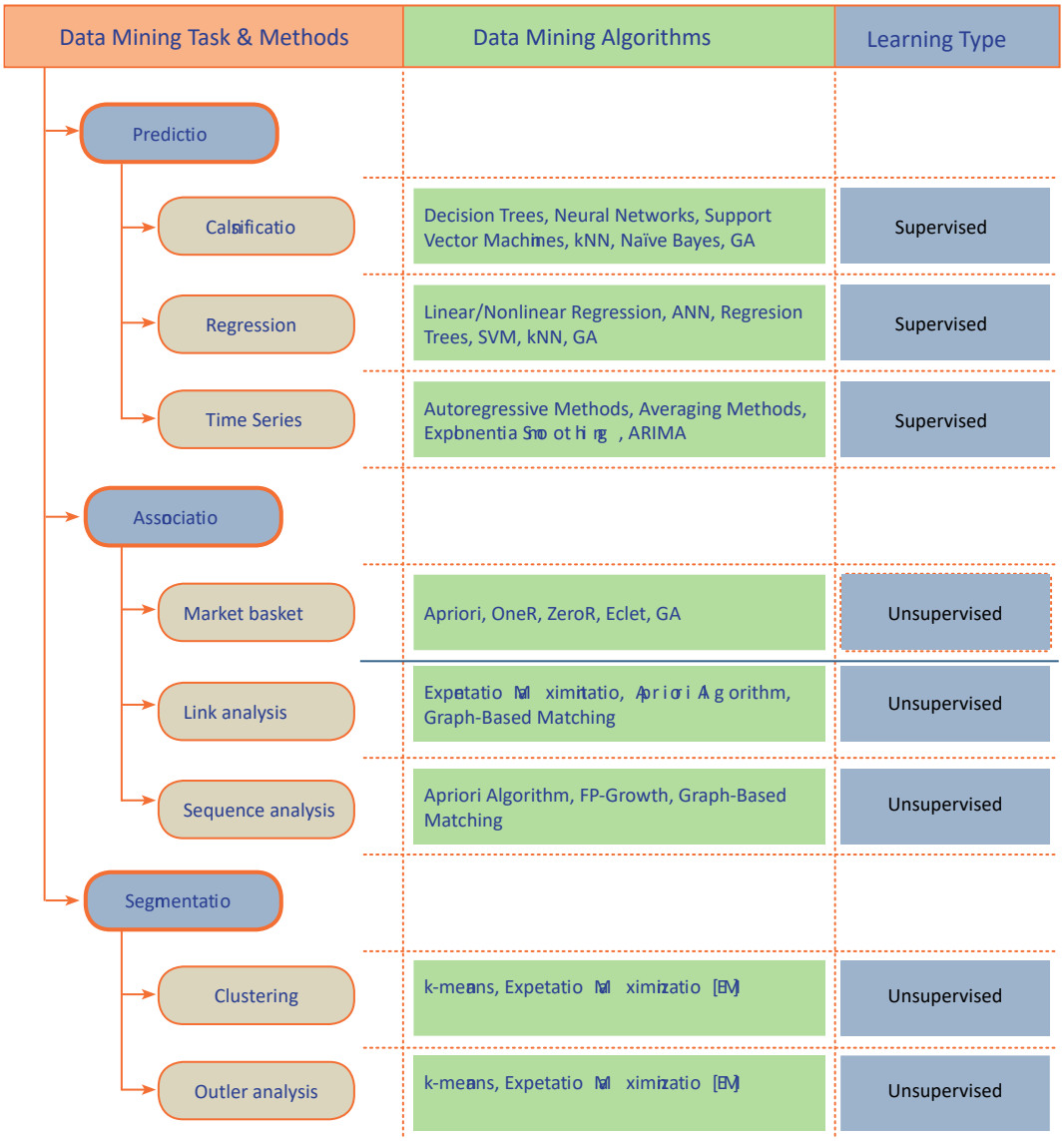


Figura 2. Taxonomía de métodos y algoritmos de aprendizaje automático

Fuente: [39]

4.4. Herramientas de análisis en redes sociales

La naturaleza de los datos de las redes sociales es altamente influyente en el diseño de la base de datos y, posiblemente, del *hardware* de apoyo. También sería muy importante tener en cuenta que cada plataforma social tiene reglas muy específicas (y estrechas) sobre cómo se pueden almacenar y utilizar sus datos:

- **Archivo plano:** un archivo plano es una base de datos bidimensional (algo así como una hoja de cálculo) que contiene registros que no tienen una interrelación estructurada, eso puede ser buscado secuencialmente.

- **Base de datos relacional:** una base de datos organizada como un conjunto de tablas formalmente descritas para reconocer relaciones entre los elementos de información almacenados, permitiendo más relaciones complejas entre los elementos de datos.
- **Bases de datos NoSQL:** Las bases de datos NoSQL/newSQL se caracterizan por ser no relacionales, distribuidas, de código abierto y escalables horizontalmente.
- **Plataforma Hadoop:** es una programación basada en Java que soporta el procesamiento de grandes datos.
- **Mahout:** es un proyecto de Apache Software Foundation para producir implementaciones gratuitas de algoritmos de aprendizaje automático distribuidos o escalables enfocados principalmente en las áreas de filtrado colaborativo, agrupación y clasificación.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

El tipo de estudio, tipo de investigación y método que se utilizará en este trabajo guardan relación con el objetivo a alcanzar, tal como se detalla a continuación.

1. Metodología objetivo 1

Con la finalidad de aplicar medidas que ayuden a resolver el problema de la congestión vehicular en Quito es necesario conocer casos de éxito de medidas implantadas en otros lugares del mundo. Para ello, el objetivo 1 se centra en investigar las prácticas utilizadas a nivel mundial en relación a movilidad inteligente que permita servir de base para el mejoramiento de la movilidad en la ciudad de Quito.

1.1. Enfoque de investigación

Para el cumplimiento del objetivo 1 se realizará una investigación principalmente cualitativa con alcance exploratorio, pues se presenta un análisis de las medidas utilizadas a nivel mundial en relación a movilidad inteligente, lo que permitirá estudiar la realidad en su contexto natural, obteniéndose finalmente un análisis interpretativo y contextual.

1.2. Modalidad de la investigación

Para el cumplimiento del objetivo 1 se utilizó una modalidad de investigación documental, pues la información fue recogida a través de un análisis bibliográfico que permitió analizar, evaluar y seleccionar las medidas utilizadas a nivel mundial en relación a la movilidad inteligente. La información se recopilará a través de datos secundarios, presentándose de forma sintetizada y que permitirá posteriormente su análisis para el desarrollo de la propuesta.

1.3. Fuentes de información

Las fuentes de información provendrán de datos primarios de diferentes instituciones gubernamentales sobre el tema a tratar, mientras que de las fuentes secundarias se considerarán libros especializados, artículos de investigación y páginas *web*, entre otros datos relevantes para el estudio.

2. Metodología objetivo 2

La congestión vehicular en la ciudad de Quito es un problema importante para sus habitantes. Una solución planteada en el trabajo está relacionada con el uso de la red social Twitter como herramienta de alerta de tráfico, sin embargo es necesario conocer la aceptación y viabilidad en cuanto al uso de dicha herramienta, además de determinar las afectaciones de este problema y sus posibles soluciones. Así, el objetivo 2 se enfoca en desarrollar una investigación cuantitativa a nivel de la ciudad de Quito que permita obtener información específica de la percepción de la población con respecto al problema de la congestión vehicular y sus posibles soluciones.

2.1. Tipo de estudio

Para dar respuestas al objetivo 2 se realizará un estudio descriptivo, con diseño no experimental de corte transversal, pues con la recopilación de la información de campo esta se presentará de forma descriptiva a través de tablas, gráficos y el análisis correspondiente de la información recopilada.

2.2. Modalidad

Se realizará una investigación de campo mediante una encuesta que permita obtener información o resultados de la percepción de la población de Quito acerca del tráfico, los principales problemas, así como las potenciales soluciones en la ciudad. Adicionalmente se buscará entender el uso y aceptación entre los ciudadanos de la red Twitter, la cual será la base para fundamentar la propuesta.

2.3. Método

El método aplicado en la investigación es el inductivo, debido a que a través de datos particulares se inducirán los resultados generales, ya que los datos obtenidos a través de una muestra se generalizarán a la población en estudio que corresponde a la ciudad de Quito, pues la muestra a obtenerse será representativa de la población.

2.4. Diseño muestral

La investigación está orientada a toda la población urbana de la ciudad de Quito afectada por el tráfico vehicular y que de una u otra manera hace uso de transporte, ya sea público o privado.

La población urbana de de Quito es de 1 761 867 habitantes, de los cuales se ha segmentado a la población mayor de 16 años, como un público que puede tener un criterio más amplio sobre el tráfico en la ciudad, que hace uso del transporte y, por tanto, obtener resultados acordes a los requerimientos de la investigación. Así pues, de acuerdo a los datos del INEC, la población segmentada es de 1 285 495 personas [40].

Para definir los elementos de la muestra se realizará un muestreo aleatorio estratificado, considerando 10 puntos estratégicos a lo largo de la ciudad de Quito, donde se realizan las encuestas buscando que las localizaciones, así como el grupo de personas, sea variado y alcance a los diferentes grupos sociales y tipos de usuarios de transporte en la ciudad, obteniéndose un grupo significativo para el estudio.

Para la selección de la muestra se utilizará la fórmula para el cálculo del tamaño óptimo de una muestra cuando se quiere estimar la proporción muestral, basada en un estimador de Horvitz-Thompson, estableciendo para ello un error relativo de muestreo con intervalo de confianza y aproximación normal de los datos.

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 NPQ}{(N-1)e_\alpha^2 + Z_{\alpha/2}^2 PQ}$$

El cálculo se computó en el programa de simulación y potencia muestral Pass14, utilizando los siguientes valores:

Valor de N: Corresponde al tamaño de la población: 1 285 495 personas.

Valor de $Z_{\alpha/2}$: Se selecciona un nivel de confianza del 95 %, por lo que el valor de la distribución normal sería de 1,96.

Valor de P: Dado que no se tiene la proporción de aceptación de la población o un estudio previo, se asume un valor de P de 0,5, con el cual será posible obtener una muestra adecuada y por tanto un buen resultado final.

Valor de e_α : Representa el error permisible considerado para el estudio, siendo aceptable hasta un 5 %, con lo cual el valor de *e* en proporción es: 0,05

De esta manera se obtiene el tamaño de la muestra necesaria a considerar:

$$n = \frac{1285495(1{,}96)^2(0{,}5)(1-0{,}5)}{1285495(0{,}05)^2 + 1{,}96^2(0{,}05)(1-0{,}05)}$$

$n = 384{,}04 \approx 384$ personas

2.5. Herramientas de la investigación

- **Herramientas de recopilación.** Para la obtención de la información se realizó una encuesta, diseñada con el programa Rotator Survey (anexo 1). Dicha información fue registrada en un formulario preparado al efecto donde se recogieron las variables necesarias para realizar el estudio.
- **Análisis de los resultados.** La información recopilada a través de la encuesta se sometió a un análisis de datos. Este se organiza en tablas univariadas de frecuencias; los datos fueron representados según el tipo de información.

Las variables recogidas fueron medidas según el siguiente cuadro:

Tabla 4. Variables y su medición

VARIABLES		ESCALA	TIPO	FUENTE
Importancia Congestión vehicular	Evalúa la opinión del entrevistado acerca de la importancia que se le da a la congestión vehicular	• Muy importante -Importante • Moderadamente importante-Poco importante • Nada importante	Cualitativa ordinal	Instrumento de recopilación
Causas del tráfico	Recoge las principales causas para exista tráfico	• Forma geográfica de la ciudad • Incremento de los vehículos • Sistemas de transporte público • Cultura de conducción vehicular • Obras de infraestructura vehicular en la ciudad	Cualitativa ordinal	Instrumento de recopilación
Tiempo en atascos	Refiere al tiempo transcurrido en atascos	• Menos de 30 minutos • 30 minutos a 1 hora • 1 a 2 horas • 2 a 3 horas • Más de 3 horas	Cualitativa ordinal	Instrumento de recopilación
Uso de su vehículo	Refiere la frecuencia con la que usa su vehículo para desplazarse	• Siempre • Casi siempre • A veces • Casi nunca • Nunca	Cualitativa ordinal	Instrumento de recopilación
Frecuencia de uso de internet	Frecuencia de uso de internet	• A diario • Al menos una vez a la semana • Al menos una vez cada 15 días • Al menos una vez al mes • Menor frecuencia	Cualitativa ordinal	Instrumento de recopilación
Uso de internet	El uso específico de internet, por categorías	• Deportes • Videos • Compras • Búsquedas • Redes sociales • Entretenimiento • Noticias e información	Cualitativa nominal	Instrumento de recopilación
Uso de las redes sociales	Redes sociales que usa	• Google + • Instagram • YouTube • LinkedIn • Facebook • Snapchat • Twitter	Cualitativa nominal	Instrumento de recopilación
Frecuencia de uso de las redes sociales	Refiere la frecuencia en la que usa las redes sociales	• Diariamente • Regularmente • Ocasionalmente • Rara vez	Cualitativa ordinal	Instrumento de recopilación
Opinión acerca del uso de la red social Twitter	Cuantifica si cree interesante el uso de la red social Twitter para enviar y recibir alertas acerca de la congestión vehicular	• Muy interesante • No muy interesado • Interesante • Nada interesado • Neutral	Cualitativa ordinal	Instrumento de recopilación
Uso de la red Twitter	Si usan la red social Twitter para enviar/recibir alertas acerca de la congestión vehicular	• Sí • No	Cualitativa nominal	Instrumento de recopilación

3. Metodología objetivo 3

Con el propósito de proporcionar una herramienta adicional a las propuestas por el Centro de Gestión de la Movilidad que ayude a la toma de decisiones frente a situaciones de congestión vehicular, se realiza un estudio comparativo de las principales tecnologías, para lo cual se plantea el objetivo 3, que consiste en desarrollar un sistema que permita recolectar, procesar y analizar, en tiempo real, datos de tráfico de la ciudad, provenientes de sensores y de la red social Twitter que faciliten la toma de decisiones relativa a la movilidad vehicular en la ciudad.

3.1. Tipo y modalidad de estudio

Para el logro del objetivo 3 se realizó una investigación cualitativa y documental. A través de un análisis bibliográfico se compararon diferentes tecnologías con el objetivo de elegir la mejor herramienta.

3.2. Metodología de desarrollo

En base a los resultados anteriores se desarrolló el sistema propuesto, utilizando para ello una metodología de desarrollo iterativa e incremental. Esta metodología sugiere etapas repetitivas en las cuales el producto temporal se va mejorando en cada sesión, hasta lograr la aceptación del producto final por parte del cliente. Para ello se desarrollaron las siguientes actividades para cada iteración:

a) Planificación, se planificaron las actividades requeridas para obtener el producto final de la investigación[1]:

- Estudio del API de Twitter
- Estudio y diseño de la herramienta que permita trabajar con el API de Twitter
- Análisis de los datos generados mediante Twitter
- Análisis de los datos provenientes de los sensores
- Mecanismos de almacenamiento de la información
- Asociación de los datos recolectados mediante todas las fuentes de información
- Tratamiento de los datos recolectados

[1] Estas actividades están tomadas del documento de aceptación formal del tema de la tesis.

b) **Requisitos,** en este punto se solicitaron reuniones con las autoridades del Centro de Gestión Movilidad de Quito para obtener información de registros de los dos tipos de sensores, al objeto de utilizarlos en la investigación.

c) **Análisis y diseño,** se realizó un estudio de las tecnologías existentes y que se pueden utilizar en el desarrollo del sistema para, finalmente, diseñar la arquitectura que será empleada en la investigación.

d) **Implementación**, se desarrolló el sistema informático, bajo la arquitectura definida en los pasos anteriores.

e) **Pruebas,** se estableció un plan de pruebas para contrastar el procesamiento correcto del sistema, para lo cual se realizaron dos tipos de pruebas: funcionales y no funcionales.

f) **Evaluación,** se evaluó continuamente el funcionamiento del sistema; se realizaron sesiones contrastando los resultados que arrojaba el sistema con los requerimientos establecidos al inicio del desarrollo del mismo.

A continuación se muestra en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. la metodología empleada.

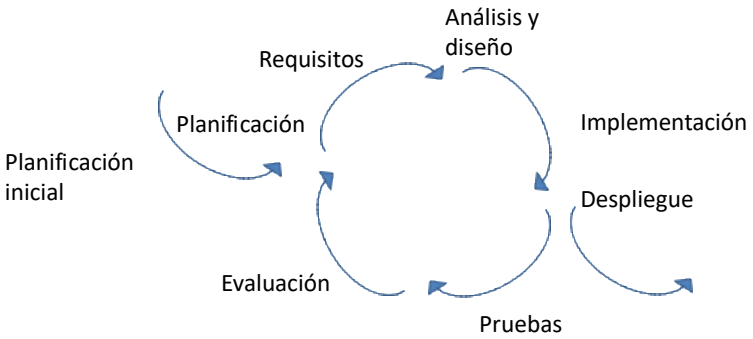


Figura 3. Metodología de desarrollo iterativa-incremental

Fuente: [41]

4. Metodología objetivo 4

Para verificar la utilidad del sistema propuesto que permita ser el apoyo requerido por el Centro de Gestión de Congestión Vehicular de la ciudad de Quito, se plantea el objetivo, que consiste en evaluar la eficiencia del sistema de información desarrollado en la detección de situaciones de congestión vehicular en la ciudad de Quito, tanto en

intersecciones que cuentan con sensores de tráfico como en aquellas que no disponen de esta tecnología.

Una vez desarrollado el sistema, se aplicará en la ciudad de Quito a fin de observar los resultados de la aplicación y comprobar el funcionamiento del mismo. Los datos recopilados permitirán hacer un análisis mediante la correlación con datos de sensores de volumen de tráfico, evaluando la real eficacia del sistema frente a situaciones de congestión vehicular. El conocimiento obtenido de estos análisis será transferido al centro de Gestión de Movilidad de Quito, que decidirá la puesta en ejecución o no del sistema.

4.1. Fuentes de información

Para aplicar y evaluar los resultados del sistema propuesto se utilizan los datos provenientes de los sensores de tráfico instalados en lugares de alta congestión vehicular en la ciudad de Quito y los datos obtenidos mediante la utilización de la red social Twitter.

4.2. Herramientas de la investigación

- **Herramientas de recopilación.** La información es recopilada a través de la red social Twitter y de sensores de flujo vehicular, gestionados por el Centro de Gestión de la Movilidad de la ciudad de Quito, que es almacenada en una base de datos para su posterior análisis.
- **Análisis de los resultados.** Los datos obtenidos serán procesados y presentados en forma tabular y gráfica. Para la comprobación de las hipótesis se desarrollarán tablas de frecuencias absolutas y relativas, y se calcularán índices de cobertura. La información se representará de forma gráfica y se realizará de forma automática mediante el cálculo del coeficiente de correlación espacial que nos permite corroborar si existe una relación entre los datos provenientes de los sensores y los tuits.

CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados del trabajo efectuado, agrupados de acuerdo a cada uno de los objetivos planteados inicialmente, con la finalidad de validar la investigación realizada.

1. Resultados objetivo 1

Para fundamentar los resultados del objetivo 1, se investigan las propuestas llevadas a cabo a nivel mundial en relación a movilidad inteligente, lo cual servirá de base para entender la problemática que presenta y, sobre todo, las potenciales soluciones y resultados que han tenido esas prácticas y que van a permitir el mejoramiento de la movilidad en la ciudad de Quito.

La IESE Business School ha elaborado una lista con las ciudades inteligentes mejor preparadas del mundo [42]. Es un índice que pretende evaluar las ciudades teniendo en cuenta 77 indicadores agrupados en diez dimensiones, entre las que se encuentra la dimensión de movilidad y transporte evaluada a través de varios indicadores.

Según este índice, en el año 2018 las ciudades de Nueva York, Londres y París se encuentran ubicadas en las tres primeras posiciones en la mayoría de las mediciones. Además, es de resaltar la rápida evolución de algunas ciudades de Latinoamérica, como Quito, Lima, Monterrey y Santo Domingo, que muestran alto grado de mejora en los diferentes parámetros.

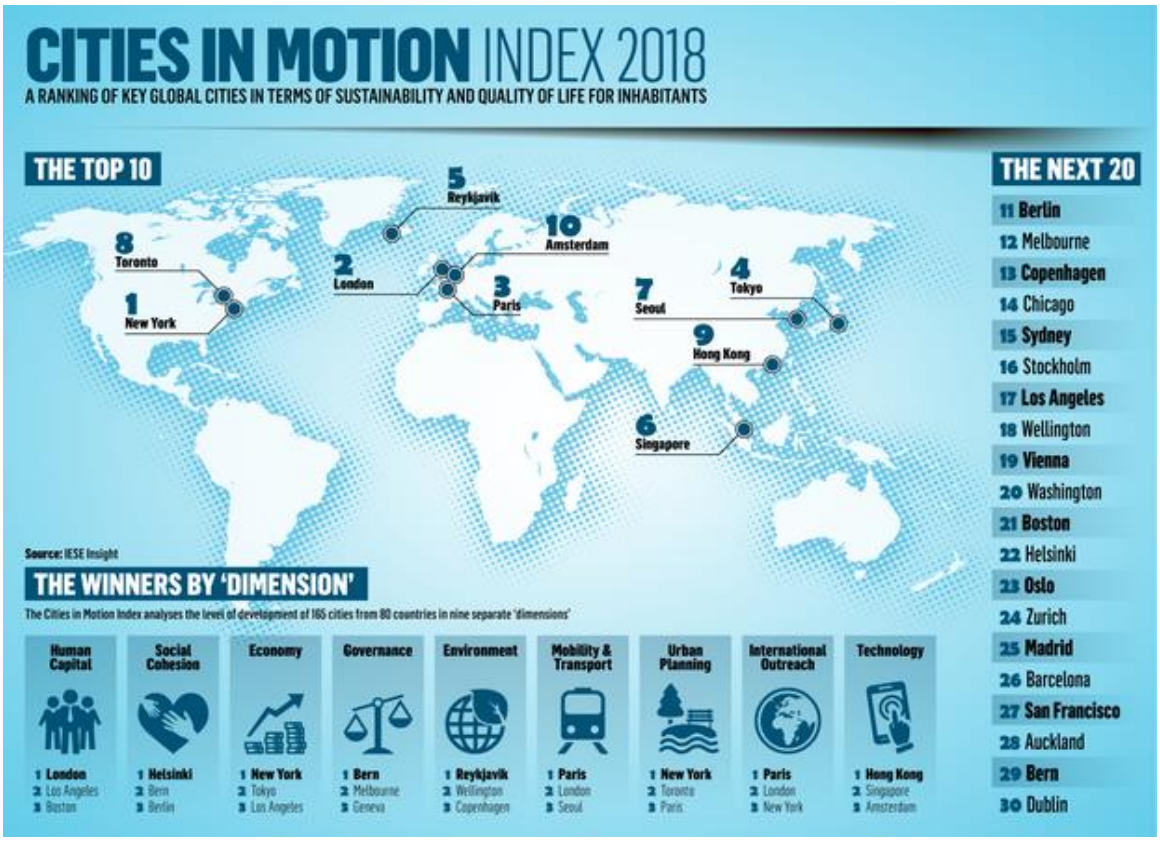


Figura 4. Lista de ciudades inteligentes

Fuente: [42]

Si nos centramos en la movilidad y el transporte, la ciudad de París ocupa el primer lugar en esta clasificación y se destaca en casi todos los indicadores. La lista de las 25 mejores ciudades según la dimensión «Movilidad y Transporte» es la siguiente:

1. París
2. Londres
3. Seúl
4. Nueva York
5. Shanghái
6. Berlín
7. Fráncfort
8. Múnich
9. Madrid
10. Pekín
11. Zúrich
12. Barcelona
13. Estocolmo
14. Viena
15. Singapur

Si atendemos a las primeras 10 ciudades latinoamericanas, la clasificación es la siguiente:

61. Brasilia
72. Monterrey
86. Ciudad de México
88. São Paulo
96. Buenos Aires
108. Curitiba
121. Medellín
123. Rosario
125. Panamá
128. Quito

1.1. Estrategias de movilidad por países

De acuerdo a la clasificación de ciudades inteligentes, presentamos un análisis de las estrategias utilizadas en algunas de ellas.

1.1.1. París

Francia ha impulsado fuertemente el desarrollo a través del Plan Nacional de Infraestructura de Transporte del Ministerio Francés 2010/2011, y por medio de las acciones llevadas a cabo por las asociaciones locales a nivel regional. El sistema de transporte inteligente (STI) en Francia presenta una facturación de 4,5 mil millones de euros, proporciona 45 000 puestos de trabajo en el sector privado e incluye a más de 1000 empresas [43].

Las prioridades del STI francés están relacionadas con las tecnologías que permitan la optimización del uso de las carreteras, de los datos de tráfico y de viaje (recolección de tarifas multimodal), la seguridad vial (llamada de emergencia y estacionamiento en tiempo real), la gestión del tráfico y transporte de mercancías, tecnologías que unan los vehículos y las infraestructuras, y el desarrollo de innovaciones en el servicio a las personas mayores y con movilidad reducida.

Otra de las prioridades es permitir una mayor gestión y regulación del tráfico, lo que reducirá la congestión y racionalizará los viajes. Los datos de intercambio y análisis de datos en tiempo real promoverán la seguridad, la alerta y reducirán la congestión. Mientras que el transporte representa hoy el 23 % de las emisiones de dióxido de carbono [44], se propone la mejora de la gestión de red y la disponibilidad de más tecnología verde.

La ciudad de París se centra en la gobernabilidad inteligente a través de la implementación de un sistema de petición electrónica y un sitio *web*. Este desarrollo tecnológico ha permitido la reciente instalación de 100 paradas de autobuses equipados con los servicios que ofrece la proximidad de la pantalla interactiva [45]. Además, una nueva forma de estacionamiento se llevó a cabo en el otoño de 2015, en colaboración con la región de Isla de Francia [46], que consistió en la implementación de unos 50 sensores de presencia inteligente en la entrega, taxi y espacios de estacionamiento para personas con discapacidad en el barrio de Bercy.

La ciudad de París quiere instalar wifi en todos los espacios públicos, y ha sido un actor importante en los proyectos de movilidad inteligentes con el desarrollo exitoso de Velib' y Autolib', dos servicios públicos, el primero de bicicletas y el segundo de alquiler de vehículos eléctricos. La región parisina también está equipada con varias plantas de conversión de residuos en energía. El 50 % de la ciudad de París, incluyendo el museo del Louvre, es calentada por tres plantas de conversión de residuos en energía que están en Saint-Ouen, Issy-les-Moulineaux e Ivry-sur-Seine.

Un factor de movilidad importante para las ciudades del futuro es el *car sharing* o uso temporal de vehículos. París posee uno de los más grandes sistemas de coches eléctricos compartidos: Autolib' con estaciones de carga y aparcamiento, además de puntos de información y alquiler disponibles para la ciudadanía [47].

Por otra parte, el *car pooling* o uso compartido del coche es una tendencia cultural enfocada al ahorro de combustible, tiempo y dinero, que consiste en compartir el coche con otros pasajeros que tienen la misma ruta, de forma periódica o puntual [48].

1.1.2. Londres

Como líder mundial en STI, el Reino Unido es reconocido por la Unión Europea como una importante fuente de conocimientos y experiencias, especialmente dada la considerable inversión de esa nación en el desarrollo y despliegue de los STI [13]. La información accesible en los datos de tráfico y de viaje es de vital importancia para que las personas y las empresas puedan planificar sus actividades, obtener un acceso más fácil a los mercados y tomar las decisiones de inversión estratégicas.

Por tanto, estos datos apoyan más eficazmente la logística, la planificación de la infraestructura y un mejor funcionamiento de las autopistas y redes de transporte público. El coste económico de los viajes y el transporte es alto, y puede ser mitigado por el acceso abierto a los viajes, el tráfico y los datos de interrupción de carreteras.

El Transporte Directo (TD) es la piedra angular del sistema de información de viaje del Reino Unido [49]. El TD es financiado por el gobierno central con un coste de construcción de 40 millones de libras anuales y operativos de 7 millones. Combina todas las formas de transporte público y permite a los usuarios comparar entre los trayectos por carretera, ofreciendo alguna información de precios para trenes, coches y el coste de conducción.

Los viajes pueden ser planificados entre más de 30 millones de orígenes y destinos y los usuarios no necesitan tener ningún conocimiento previo de sus opciones modales. Hay alrededor de 25 millones de sesiones individuales por año, incluyendo internet, teléfono móvil, teléfonos inteligentes, televisión digital y quioscos, entre otros. En 2012, dos importantes nuevas características se han añadido al TD [50], como son la integración de la información en tiempo real en la planificación del viaje en coche y el procesamiento por lotes de múltiples peticiones.

La información en tiempo real de la planificación del viaje en coche cuenta con servicio de notificaciones que ha sido parte de un transporte directo desde el inicio, donde la estructuración y las interrupciones no planificadas son capturadas a partir de una serie de fuentes, incluyendo sistemas técnicos y manuales [51]. Estos informes se evalúan entonces por su extensión y la gravedad de los mismos, y también se difunden diariamente en un formato fácil de usar.

1.1.3. Seúl

Seúl es la ciudad más grande de Corea, tiene una población superior a 10 millones de habitantes. El volumen del tráfico de Seúl es muy pesado y hay diversos sistemas de transporte estrechamente interconectados. En Seúl opera el STI a través de Topis, el Centro de Gestión de Tráfico Urbano Expressway, (Seoul Metropolitan Police Agency

Comprehensive Traffic Information Center, SPATIC) y (Seoul Traffic Broadcasting System ,TBS) [52, 53]. Para asegurar la eficiencia, conveniencia y seguridad de los diferentes medios de transporte, Seúl inició su implementación de 16 proyectos STI categorizados en cinco áreas: información sobre el tráfico, el transporte público, el mantenimiento de las carreteras e instalaciones de tráfico, la gestión del tráfico y el sistema de seguridad de los peatones.

Seúl implementó políticas de transporte ambientalmente sostenibles basadas en [54]:

- Estrategias y condiciones de transporte.
- Medidas para administrar la demanda del transporte.
- Medidas de transporte no motorizadas.
- Medidas de coordinación de transporte y ordenamiento del territorio.

Entre las medidas para administrar la demanda del transporte constan políticas de abastecimiento y restricción, tal como se muestra en la **Tabla 5**:

Tabla 5. Políticas aplicadas a la gestión de demanda de transporte

Políticas de gestión	
Políticas de abastecimiento	• BTR (Buses de Tránsito Rápido) • Reformas a los buses urbanos • Línea exclusiva de buses • Zona prioritaria de peatones • «Ttareungyi», el servicio público de bicicletas de Seúl. • Sistema de gestión de autobuses (BMS) y el sistema de información del autobús (BIS).
Políticas de restricción	• Programa de no conducción de un día a la semana para aliviar las situaciones de congestión • Política de tarifas de estacionamiento (días laborales de 09:00 a 18:00, 1000 wones) • Estacionamiento prioritario del residente • Tarifa por congestión: se implementan tarifas diferenciadas en casos de congestión vehicular
Otras	• Mayor integración de planificación y políticas de transporte con la finalidad de lograr objetivos estratégicos • Incremento de impuestos a los combustibles y revisión a las tarifas de transporte • Mejorar espacios peatonales y de ciclistas • Implementar cambios en la recolección de datos de transporte • Revisión y mejora de procesos de evaluación de costes del transporte

Fuente: (Lee, 2009)

Los resultados de encuestas realizadas a peatones de 13 ciudades de Asia muestran [55]:

- Según el 37 % de los encuestados, su principal modo de transporte es a pie.

- El promedio del índice de caminabilidad [2] (*walkability*) es del 58 %. Los resultados más positivos se encuentran en las áreas comerciales, seguidos de zonas residenciales y educativas. Los porcentajes más bajos están en las zonas donde existen terminales terrestres.
- El 41 % de los encuestados califica de manera negativa la infraestructura peatonal de sus ciudades.
- El 67 % de los encuestados manifiesta que, si las condiciones para el peatón no muestran un cambio significativo, está dispuestos a cambiar su modo de transporte a modos motorizados (un 29 % cambiaría a coches y un 10 % a motocicletas).

El análisis indica una falta de políticas relevantes, instituciones especializadas y apoyo político para promover la caminabilidad. La adecuada distribución de recursos y su uso para infraestructura peatonal también se identifican como temas importantes en toda Asia.

1.1.4. Nueva York

En los últimos años Nueva York ha movilizado dinero, talento y energía para modernizar el transporte público, con lo cual se pretende incorporar conexión wifi y puertos USB (*Universal Serial Bus*) a 1025 trenes [56].

Se han implementado varios proyectos con el objetivo de mejorar la movilidad de sus ciudadanos [57]:

- **Rutas para ciclistas y establecimiento de corredores verdes.** Con esta iniciativa se pretende asegurar que la creciente población de ciclistas disfrute de un lugar seguro y cómodo para circular como parte de la red de transporte de la ciudad.
- **Espacios peatonales.** Los proyectos en curso, o ya terminados, tienen como finalidad proporcionar a los peatones un espacio seguro y que caminar en la ciudad sea una experiencia confortable.

[2] Término utilizado para calificar un área, red peatonal o espacio público que se puede recorrer a pie de forma confortable y segura.

- **Políticas de aparcamiento.** Estos proyectos se centran en determinar normas, procedimientos y políticas especialmente para los estacionamientos fuera de la calle, tanto para automóviles privados como vehículos comerciales y bicicletas.
- **Planificación de infraestructura vial y nuevos proyectos.** A nivel general existe una amplia gama de proyectos enfocados en mejorar las condiciones del transporte, además de proyectos que buscan implementar sistemas de transporte inteligente en la ciudad.

Esta ciudad, además, cuenta estaciones que disponen de mapas digitales para poder llegar a un lugar y conocer dónde se encuentra ubicado y a dónde se debe dirigir. Nueva York es la ciudad más tecnificada del mundo, que trata de facilitar el modo de vivir de los ciudadanos y de los que visitan la ciudad.

1.1.5. Shanghái

En los últimos cinco años, el STI de Shanghái se ha propuesto una mejora de los centros de transporte, de la funcionalidad y las redes [58]. Se procura conseguir un centro integrado de transporte para la ciudad, la mejora de la distribución, impactando en la funcionalidad y el nivel de servicio, y promoviendo la transferencia de pasajeros y la conexión de carga segura.

En 2015, la proporción del transporte público en el centro de la ciudad pasó del 47 % al 50 % (o más) y se calcula que se completa el 90 % de los viajes en transporte público en el transcurso de una hora [59]. Asimismo, se han fijado ciertos objetivos estratégicos para los próximos años.

Ese mismo año, 2015, Shanghái tuvo un volumen de pasajeros por ferrocarril de 150 millones de viajes y otros 70 millones por carretera. La proporción del transporte ferroviario se incrementará gradualmente para apoyar y formar un sistema moderno junto al servicio de aviación y la navegación. Igualmente se quiere mejorar aún más el nivel del servicio de transporte urbano. Para el año 2020 se prevé alcanzar el nivel de servicio de público del transporte de Tokio, Hong Kong y otras ciudades desarrolladas, construyendo un sistema internacional de transporte público metropolitano.

Se espera que el tiempo promedio de viaje en el centro de la ciudad sea de 45 minutos, que los viajeros procedentes de cualquier ciudad suburbana inviertan una hora en llegar al centro y los que proceden de cualquier ciudad importante en el área central del delta del río Yangtsé puedan llegar a Shanghái en 90 minutos.

Los objetivos de desarrollo de este proyecto implican tres redes de transporte regional y una red interurbana compleja intensiva, incluyendo el ferrocarril, las carreteras y el agua para servir al delta del río Yangtsé [60]. La red de tren constituye un corredor ferroviario en cuatro direcciones y se construyen ferrocarriles suburbanos; la red de carreteras comprende nueve autopistas interurbanas con múltiples funciones hacia las 54 autopistas intraurbanas.

La red fluvial interna tendría el alcance de una red de transporte urbano que se coordina con el transporte público y las carreteras principales. Para 2015, el kilometraje total del transporte ferroviario será de más de 600 km, con una cobertura de 500 m de paradas de autobús del centro urbano a los suburbios, y de 300 m de cobertura de paradas de autobús dentro del anillo interno de la ciudad [61].

Finalmente, está la red de carreteras, columna vertebral para apoyar la conectividad y desarrollar la red de información de tráfico rápidamente, mejorando las plataformas de información de tráfico, cumplir funciones de gestión auxiliares, reforzar la supervisión de la operación y proporcionar ayuda para los viajeros en su ruta.

1.1.6. Berlín

Berlín es una de las ciudades más importantes de Europa, puente entre el este y el oeste de este continente y uno de sus espacios económicos más dinámicos. Esta ciudad garantiza la continuidad de una movilidad barata y respetuosa con el medio ambiente [62].

Hay que considerar que, desde el año 2012, la ciudad de Berlín y su entorno rural de la cercana Brandeburgo conforman uno de los cuatro escaparates alemanes de electromovilidad. Berlín también es un centro aeroespacial y además es muy conocido por la tecnología ferroviaria, uno de los pilares industriales de la región [63].

En esta ciudad se han establecido empresas especializadas en el sector de la telemática del transporte, como IVU Traffic Technologies, Hella Aglaia o IAV, que desarrollan soluciones de *hardware* y *software* para cubrir los componentes clave del moderno concepto de movilidad. Es decir, que se ha venido implementando en la ciudad una amplia gama de aplicaciones, incluyendo sistemas de asistencia al conductor en vehículos, así como aplicaciones de gestión de flotas para servicios de carga, control y tecnología de información para autobuses y trenes, además de la gestión moderna del tráfico para el sector público [64].

En esta iniciativa también han participado grandes empresas más, como Siemens y Bosch Software Innovations, que tienen en la ciudad sitios telemáticos relevantes: Toll Collect, que opera el sistema de peaje de camiones, y T-Systems, que opera la tecnología de peaje y participa en aplicaciones automotrices y logísticas conectadas.

Además, en Berlín existen oficinas con servicio de mapas diseñado por Daimeles, BMW y Audi en 2001, el cual involucra el desarrollo de servicios basados en localización, mapas digitales y servicios de navegación proporcionados por estas corporaciones.

1.1.7. Fráncfort

Fráncfort del Meno es una ciudad de 732 688 habitantes. Es la ciudad más grande del estado federado de Hesse y se enorgullece de su sistema de transporte público bien afinado [65]. Atravesada por el río Meno (*Main*, en alemán) es el centro económico y financiero de Alemania y uno de los más importantes de la Europa continental, es la sede del Banco Central Europeo y aloja algunas de las mayores exposiciones internacionales, como la del Salón del Automóvil o la Feria del Libro.

La distribución de la movilidad en Fráncfort según el medio resulta en: el 34 % para los vehículos particulares, el 23 % para el transporte público, el 30 % para los viandantes y un 13 % para los ciclistas. La administración de la ciudad decidió en 2005 construir un departamento de tráfico para fomentar la planificación y el trabajo en el campo de la movilidad sostenible, que llamaron «TraffiQ». La Autoridad Local de Transporte Público de Fráncfort (ALTPF) se ocupa de todos los aspectos de la gestión de movilidad (GM), incluyendo el funcionamiento del centro de movilidad.

La ciudad está trabajando en varias iniciativas de transporte sostenible para hacer frente a una mayor demanda local y regional de viajes, incluyendo el metro (*U-Bahn*), tranvías, autobuses, así como los trenes regionales (*S-Bahn*), accesibles con un billete único gracias a un acuerdo de arancel integrado supervisado por la organización de tarifas de la región [34].

El *S-Bahn*, que conecta los suburbios de la región Rin-Meno que rodean el centro de Fráncfort, funciona con energía eléctrica y alcanza una velocidad de hasta 140 km/h. Los trenes funcionan con una frecuencia de 15 a 30 minutos. Fráncfort ha dado prioridad al desarrollo de su red de tranvías, basado en la preferencia del público por los sistemas ferroviarios (subterráneos y tranvías) antes que por los autobuses [66].

La ciudad cuenta con ocho líneas de tranvía, una de los cuales fue añadida en los últimos años. Con los tranvías que pasan con una frecuencia de 10 minutos, las secciones atendidas por las dos líneas pueden disfrutar de un servicio cada 5 minutos en hora punta. Las nueve líneas de los *U-Bahn* llegan subterráneamente al centro de la ciudad, pero en líneas separadas a nivel del suelo en los suburbios. La frecuencia del servicio es generalmente cada 5-10 minutos, y puede ser cada 2 minutos en las zonas principales durante las horas punta. Dos nuevas líneas se abrieron en diciembre de 2010 [66].

Aunque la mayoría de las rutas principales son atendidas por el ferrocarril, los autobuses también desempeñan un papel importante en la ciudad, a menudo como rutas que alimentan el ferrocarril y garantizan la cobertura del servicio en toda la ciudad. Se pretende incentivar el transporte en bicicleta, con muchas calles en el centro designadas como carriles bici, donde las bicicletas tienen prioridad sobre los vehículos de motor y la creación de nuevas rutas de ciclismo. Cuenta con el sistema nacional «call a bike» de alquiler de bicicletas públicas gestionado por la empresa ferroviaria Deutsche Bahn. Estas bicicletas se pueden encontrar en las estaciones de ferrocarril y en las principales intersecciones, y su mecanismo de autobloqueo puede ser liberado de forma remota mediante la realización de una llamada telefónica a un servicio de despacho central. Muchos barrios de la ciudad y las empresas de propiedad municipal adquirieron en 2010 *pedelecs* (de *PEDal ELEctric Cycle*: bicicletas eléctricas de pedaleo asistido) para su uso oficial [67].

1.1.8. Múnich

Es una de las ciudades más importantes del mundo, además de ser una de las metrópolis que cuentan con tecnología punta donde se han implementado varios sistemas para mejorar la movilidad. Entre ellos, sistemas de detección y recolección de datos de congestión, semáforos inteligentes, sistemas que priorizan la circulación del transporte público o estaciones de pago, que han mejorado la operatividad de la ciudad [68, 69].

Por lo que respecta a los conceptos de movilidad, hay poco desarrollo en la recolección de los datos. Se considera urgente introducir conceptos de movilidad alternativos y la promoción de la innovación en los vehículos, unido al establecimiento de la movilidad eléctrica en la zona de Múnich, entendida como nueva forma de desplazamiento. Uno de los puntos esenciales para la promoción de innovaciones de vehículos consiste en facilitar, fomentar, permitir y evaluar una solución experimental [34].

Esto apunta al hecho de que muchas de estas innovaciones en la movilidad, en la actualidad, como el coche compartido de flotación libre o las bicicletas públicas, son experimentos *in situ*. El espacio urbano es el laboratorio donde los nuevos modelos de negocio y servicios necesitan ser probados empíricamente. Los nuevos conceptos de movilidad no pueden ser probados y evaluados en un laboratorio, tienen que salir a la calle. Y esto necesita la colaboración y el apoyo de las autoridades públicas y de sus políticas [70].

1.1.9. Madrid

La principal motivación para la implementación del STI en Madrid es la reducción de las emisiones de efecto invernadero que repercuten en el calentamiento global. Este esfuerzo se orienta a bajar en un 50 % las emisiones generadas por el tráfico antes de 2030 y el empleo en un 100 % de energías renovables para 2050 [71].

Por ello, se parte de la complejidad de la gestión de la movilidad que afronta la ciudad en cuanto en cuanto a su infraestructura vial, que en el pasado fue mediante concesiones que condujeron a una cantidad superior a la óptima de autopistas radiales de peaje, ahora en manos del gobierno, con un déficit presupuestario en operaciones y endeudamiento público insostenible.

La finalidad es avanzar hacia una ciudad de vanguardia e inteligente donde se rescaten los espacios públicos, siendo posible desplazarse en bicicleta o transporte público. Esto pasa por la caída en la preferencia modal del empleo de vehículos particulares, de modo que sea factible la movilidad eficaz a pie, en bicicleta o en alternativas colectivas, lo cual también implica formas creativas de desplazamiento como el coche compartido o los de funcionalidad eléctrica.

Al respecto se da cuenta del relativo éxito y aceptación del programa BiciMAD, que tiene registrados unos 65 000 suscritos al año y permite 311 000 movilizaciones mensuales. No obstante, su funcionamiento ha tenido importantes fallas que han limitado la posibilidad de atender la demanda potencial adecuadamente. Con la administración del programa ahora en manos de la municipalidad se espera invertir para la ampliación de la oferta [47].

Paralelamente y de forma complementaria, se avanza en una estrategia para el rescate de las áreas públicas facilitando el desplazamiento peatonal, en bicicleta y mediante el transporte público colectivo, para combatir la distribución modal claramente insostenible donde prima el uso del vehículo particular con sus efectos contaminantes.

Una iniciativa coherente con esto es la ampliación y renovación de la flota de autobuses por parte de las autoridades municipales, procurando recuperar la vanguardia del sistema, mejorar la eficiencia, reducir la contaminación y hacerlo más sostenible. Así, se han adquirido 200 autobuses (170 a gas natural y 30 híbridos) en 2016, 400 a gas entre 2017 y 2018. Esto llevaría la capacidad del sistema convencional a 1700 unidades para 2019, entre híbridos y eléctricos, que representa el 75 % de la disponibilidad total de transporte en la ciudad [71, 72].

El impacto ambiental de esto es importantísimo, ya que esta flota moviliza cerca de 1,5 millones de usuarios al día, que si se desplazaran en vehículos particulares llevarían al infinito las emisiones y harían imposible la vida humana en la ciudad. Se trata de ofrecer un servicio con la calidad suficiente para promover que los propietarios de vehículos particulares escojan el transporte público, lo que a su vez repercute en la mayor fluidez de las unidades de transporte público al haber menos vehículos privados en la vía.

El incremento de la calidad que se refiere como estratégico consiste en rediseñar la disposición de los semáforos para autobuses, tener más y mejor ubicados los carriles por donde se desplazan e incrementar la intermodalidad reestructurando las rutas en función de las necesidades y preferencias de los usuarios.

En resumen, el proyecto de movilidad de la ciudad de Madrid contempla la multimodalidad constitutiva en bicicletas, autobuses, bajo parámetros logísticos adecuados, con una flota renovada y verde, mayor y mejor planificación urbana, junto a las iniciativas ya descritas. Se unen a ello los esfuerzos en cuanto a las TIC pensadas para la movilidad y la calidad de los servicios.

1.1.10. Pekín

La movilidad urbana y la contaminación del aire se han convertido en los problemas de desarrollo más importantes de las ciudades chinas, incluyendo Pekín, la capital del país. Tanto el gobierno central chino como las autoridades municipales de Pekín han dedicado una enorme cantidad de recursos a la congestión vial y a la mejora de la calidad del aire, pero la magnitud del problema a menudo ha superado sus esfuerzos. Al igual que sucede en muchas otras ciudades en China, el crecimiento espectacular del número de vehículos de motor en Pekín se considera una de las principales causas de la contaminación del aire [73].

Muchos otros factores deben tenerse en cuenta, sin embargo: el progreso de la ciudad como capital del país, la concentración de las agencias del gobierno central en el centro de la ciudad, su especial gestión del tráfico de operaciones, el crecimiento de la población, el uso de la tierra y la industria, el desarrollo en las provincias circundantes, todos estos factores están interconectados y a menudo complican el problema de movilidad y contaminación del aire en Pekín.

El sistema de transporte público y la conectividad multimodal, unidos a la eficiencia de este, pueden permitir la proliferación de STI más transparentes y de mayor alcance. Las aplicaciones para dispositivos móviles pueden proporcionar a los usuarios del sistema de transporte datos en tiempo real de los vehículos y ayudar a planificar sus viajes. Por ejemplo, la información sobre la ruta del autobús y tiempos estimados de llegada pueden

ayudar a los pasajeros que eligen rutas más rápidas o mejorar el plan de sincronización de todas las actividades de transporte [73].

La información generada por el sistema también se puede utilizar para ayudar a los viajeros a planificar viajes transmodales eficientemente (que pueden implicar muchos tipos de transporte, como autobuses, trenes, taxis, bicicletas y a pie), utilizando la información de tráfico en tiempo real. Mientras que los pasajeros están en los autobuses y trenes o esperan en las paradas, una función de pantallas electrónicas podría proporcionar datos certeros en tiempo real para todos los pasajeros, incluso los que no tienen aplicaciones de dispositivos móviles. Con el acceso a más información acerca de los sistemas de transporte público, los viajeros podrán utilizar estos mecanismos más eficiente y eficazmente.

El pago de la tarifa electrónica también puede soportar sin problemas los viajes multimodales. Hay varias aplicaciones para dispositivos móviles que están disponibles en Pekín, como CallTaxi. Desde marzo de 2013, la popular aplicación Didi Taxi es usada por más de 600 000 usuarios y 12 000 taxistas, casi una quinta parte de los aproximadamente 66 000 taxis de Pekín [74].

Finalmente, como ya se ha mencionado, las ciudades de Pekín, Cantón, Guiyang y Shanghái han establecido cuotas de circulación por el número de matrícula, lo que limita la cantidad de nuevos vehículos que podrían estar registrados en esas ciudades cada año. Como un incentivo para conducir vehículos de combustible alternativo, algunas de estas ciudades han creado excepciones a estas leyes.

1.1.11. Zúrich

Ha habido un despliegue de diferentes medios de transporte en función de sus puntos fuertes en el marco de una estrategia sostenible en política de transporte. Los efectos operativos de la red de carreteras han contado con el trabajo conjunto de todas las autoridades y administraciones de control (federales, de cantones y municipalidades) y de los ciudadanos. Hay que destacar la importancia de la movilidad combinada en los servicios de transporte, equilibrando el tráfico no motorizado y el motorizado privado particular, contando con la aceptación y el apoyo del público [75].

Se une a ello el tráfico internacional, con su demanda específica que impacta en el desempeño del tráfico nacional. La política de carretera por ferrocarril para el traslado de mercancías transalpino ha llevado a un fuerte aumento de la demanda de transporte combinado. La discusión actual es sobre la aceptación de una política fiable de fijación de precios de movilidad, que siga el principio de que, quien contamina, pague.

1.1.12. Barcelona

El ayuntamiento ha decidido que la congestión experimentada en la ciudad no coincide con su plan de movilidad urbana sostenible (PMUS) y que los cambios tienen que apoyar el aumento de los viajes a pie, en bicicleta y en transporte público en lugar de vehículos privados [76].

El centro de la ciudad tiene un trazado octogonal con calles rectilíneas de noroeste a sureste cortadas por otras paralelas de sureste a noreste y avenidas principales, y plantas octogonales de edificios con chaflanes que pretendían favorecer la circulación. Este diseño parece alentar el libre flujo de tráfico, pero cada esquina octogonal atrae aparcamiento sin restricciones. Parte del plan de la ciudad es hacer que algunos de estos bloques «pequeños» se transformen en superbloques que contarán con restricciones de tráfico y peatonalización y obligará al uso de autobuses en rutas verticales y horizontales principales [77].

La ciudad ya tiene un sistema de metro en pleno funcionamiento, con el apoyo de una infraestructura de ferrocarril convencional y seis líneas de tranvía operacionales que se irradian desde el centro de la ciudad para alimentar suburbios locales, pero estos se fijan en enlaces inflexibles, que no se pueden cambiar a medida que evoluciona la ciudad. La única flexibilidad es con el servicio de autobús; el último cambio importante que hizo la ciudad fue introducir un sistema tarifario integrado en 2001 que permite viajar por toda ella de manera similar a como funciona en Londres y París [78].

Se ha adelantado la construcción de más carriles de autobús para aumentar la velocidad de la ruta y la regularidad del servicio. Durante 2004 y hasta 2006 se introdujo un nuevo diseño de la disposición de toda la red, entre los años 2005 y 2008 examinaron la posibilidad de acrecentar la prioridad semafórica sin causar un impacto excesivo al

vehículo privado o a los peatones; varios de los proyectos se pusieron en marcha con éxito [79].

En 2007 el ayuntamiento introdujo dos rutas de alto rendimiento a lo largo de la Diagonal y la Gran Vía de les Corts Catalanes, el primer servicio de este tipo en España, que ya ha sido utilizado en muchas ciudades europeas y americanas. En 2009 se hizo una revisión global de todas las rutas en la ciudad, el resultado fue un conjunto de 11 rutas de primera calidad, seis de ellas eran dirección mar-montaña y cinco paralelas a la costa. A estos servicios se les dio el nombre de «RetBus» y en 2012 se examinó la integración de ambos conjuntos de rutas; a partir de esta revisión, fue desarrollado e introducido un modelo híbrido [80].

Igualmente se reubicaron las paradas a una distancia de tres bloques entre ellas, que dieron aproximadamente 400 m entre los paraderos adyacentes. Desde la introducción de las nuevas rutas en 2012 ha habido tres fases, se introdujeron al mismo tiempo nuevos recorridos, algunas de las rutas convencionales fueron canceladas y otras seis fueron acortadas.

1.1.13. Estocolmo

En el contexto de Suecia hay cuatro características significativas de su STI: la videovigilancia en el transporte público, el posicionamiento satelital, el control automático de velocidad y las tarjetas para el pago y el acceso [81].

También hay una valoración positiva de los controles automáticos de velocidad. La respuesta se mezcla en lo que respecta a la colocación, su uso para la prevención del delito y los accidentes, incluyendo la gestión del tráfico. El tema de las tarjetas de visita es visto como una violación de la privacidad, especialmente cuando se trata de la posibilidad de seguimiento a las compras y los viajes.

1.1.14. Viena

Viena está considerada como una de las mejores ciudades del mundo en cuanto a movilidad, ya que ha ido avanzando y tecnificándose para mejorar el estilo de vida de sus ciudadanos, de tal manera que esta ciudad cuenta con cinco líneas de metro, con 104

estaciones con una distancia de 79 km, 29 líneas de tranvía y 115 de autobús. Con lo cual el transporte público tiene un recorrido de más de 1100 km: en el año 2014 se desplazaron es este tipo de transporte 931,2 millones de personas. Además, se ha ido incrementado el número de autobuses eléctricos [82].

La ciudad dispone de más de 1200 km de carril bici, aceras bici y rutas de ciclistas en zonas de poca circulación, lo que facilita una más rápida movilidad de los ciudadanos. Viena cuenta además con zonas wifi gratis en numerosos lugares públicos, y en múltiples bares, cafés y hoteles, páginas *web* móviles que están disponibles con diseño adaptable, es decir, que la *web* se adapta de manera automática a todos los dispositivos y tamaños de pantalla, además de ajustarse a la resolución de pantalla del ordenador.

Con nuevos conceptos de guía de tráfico y gestión del tráfico intermodal, el sistema de transporte se convertirá en uno inteligente capaz de responder de forma flexible a los cambios en los volúmenes de congestión y hacer un uso óptimo de la infraestructura disponible. Las principales funciones objetivo de esteSTI [83] son:

- Aumentar los beneficios de movilidad individual de los usuarios del transporte por la prestación de servicios de alta calidad que ayuden a satisfacer las diversas necesidades de una manera adecuada.
- Ayudar a superar los desafíos sociales como el cambio climático y la escasez de recursos conservando los recursos naturales.
- Salvaguardar la competitividad de Austria mediante el desarrollo eficiente, una movilidad segura y asequible.

El logro de estos objetivos depende de la calidad de la tecnología y de los servicios desarrollados en el sistema de transporte. Estos cubren un amplio espectro, que varía desde el procesamiento de la información hasta la difusión de métodos eficientes de reserva, pasando por la estandarización de unos sistemas de facturación y de encaminamiento precisos.

El amplio espectro de tecnologías y servicios, aunado a la necesidad de que sea válida a través de fronteras, requiere de la participación de un gran número de actores y un sistema altamente complejo. Los rangos de responsabilidad política van desde el conjunto

de la UE a cada una de las ciudades. Los modos de ferrocarril y carretera de transporte público, junto con el tráfico individual, son parte del espectro.

1.1.15. Singapur

Al igual que Hong Kong, Singapur es un área pequeña muy urbanizada. Esto ha llevado al gobierno a invertir importantes recursos en el desarrollo de sistemas de transporte público de alta eficiencia utilizando ITS. Singapur ha cosechado los beneficios del aprovechamiento de esta tecnología, desde la simple cuenta atrás para peatones a sistemas complejos, como el control centralizado de semáforos, pasando por la información de tráfico y la gestión de incidentes para optimizar la capacidad vial, que han contribuido a suavizar los flujos de tráfico y a mejorar la seguridad [52].

Uno de los principales logros alcanzados en el desarrollo de los ITS en Singapur es su sistema de tarifa vial electrónica (*Electronic Road Pricing*, ERP) introducido en 1998 [84]. El objetivo principal del sistema es ayudar a reducir la congestión del tráfico en las zonas ocupadas. Su éxito en la reducción de la congestión ha llevado al gobierno de Singapur a iniciar un proyecto de prueba, actualmente en curso, para estudiar la viabilidad de una segunda iniciativa basada en sistemas de GPS, en un intento de cubrir toda la red de carreteras bajo el principio de precios a la congestión.

Con el sistema propuesto, la tasa que se cobra a los automovilistas por el uso de cada tramo de carretera depende del nivel de congestión de los tramos de carretera individuales. Aparte del sistema ERP, el de despacho de taxis es otra aplicación igualmente exitosa en Singapur, que mejora la eficiencia y la sostenibilidad de sus sistemas de transporte terrestre.

Por otra parte, 1500 autobuses reciben información y entretenimiento en los televisores móviles a través de la tecnología de difusión de video digital; la recuperación de vehículos y servicios de taxi mediante una persecución automática y un sistema de envío; sistemas de navegación por satélite que están instalados actualmente en las series de coches BMW y un sistema de asesoramiento y monitoreo supervisa el tráfico en las autopistas y detecta automáticamente los incidentes.

Singapur introdujo su sistema de despacho de taxis GPS en 1996 con el propósito de elevar el bajo nivel de demanda de taxis en la ciudad. Desde principios de 1990, a través de la Consejo de Transporte Público y el Ministerio de Comunicaciones, el gobierno se ha esforzado por aumentar la productividad y la calidad de los servicios de taxi, para evitar aumentar innecesariamente el número de taxis en las calles [85].

El sistema opera mediante llamadas entrantes con las que se reserva el taxi, que van primero a un ordenador central y el GPS rastrea la unidad vacía más próxima, distribuyendo las llamadas. Los puntos de recogida de los pasajeros aparecen en un terminal de pantalla en el taxi. El taxista puede decidir no aceptar la llamada, en cuyo caso es enviado el taxi más cercano.

Singapur ha introducido un programa fiscal de tres niveles dentro del sector del transporte urbano. El primer nivel lo constituyen las tarifas de suscripción para tener un coche, el segundo nivel es el establecimiento de impuestos a los combustibles y las tarifas de aparcamiento. Finalmente, el tercer nivel establece el pago de la tarifa vial electrónica (ERP) en tiempo real, obligando a los automovilistas a restringir la utilización de sus vehículos durante las horas punta.

Otra de las formas de controlar la demanda de transporte en esta ciudad es mediante el cobro por el uso del transporte privado. Singapur también tiene un mecanismo para restringir la circulación, a través de un tipo especial de licencias y matrículas que permiten la circulación en determinadas horas por la mañana y por la noche.

Esta ciudad (en realidad, ciudad-Estado) ha venido implementando desde el año 2009 diversas tecnologías para mejorar la movilidad en la metrópoli, ya que la congestión vehicular registraba altos índices, de tal manera que las autoridades promovieron la instalación del Sistema de Energía Inteligente (IES), que tiene como principal objetivo construir y evaluar nuevas tecnologías de redes inteligentes [68].

1.1.16. Brasilia

En mayo de 2016, Brasilia inauguró su primer programa estructurante de movilidad urbana: 80 acciones para ser implementadas en los cuatro años siguientes con el objetivo de promover e integrar las acciones y políticas de transporte de forma sostenible [86].

Bautizado como «Circula Brasilia», el programa nació con el desafío de aumentar la participación del transporte colectivo y no motorizado en la capital.

El Distrito Federal cuenta con un parque de 1,64 millones de vehículos, que creció el 99,64 % en 10 años. En el mismo periodo la población aumentó un 24,93 %, según el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). Brasilia es conocida por ser una ciudad de vías de largas distancias y hechas para coches. «Circula Brasilia» quiere cambiar ese escenario y modificar la matriz de movilidad de la ciudad. Las acciones de infraestructura rediseñarán la ciudad y la principal inversión será en los sistemas de autobuses: 155 km de BRT y 30 km de pistas exclusivas en los próximos cuatro años [87].

Brasilia hoy posee solo una línea de BRT, llamada BRT Sur. Se pretende crear otras siete líneas que cortarán la ciudad en todos los sentidos. También habrá inversiones para la expansión del metro en las zonas norte y oeste de la ciudad e implantación del sistema de VLT que conectará el centro de la capital de norte a sur [87].

Además de las obras estructurantes, otro aspecto relevante del plan de movilidad se refiere a la implantación del ITS. Se prevé la implantación del Centro de Control Operativo (CCO), del rastreo en tiempo real de los autobuses, de sistema de información a los usuarios, el sistema de videomonitoreo y wifi y de semáforo inteligente [88].

1.1.17. Monterrey

La política actual de transporte, teniendo en cuenta el desarrollo urbano de la zona metropolitana de Monterrey, desafía cualquier principio económico o social, por lo que es tremendamente ineficiente y caótica. Por ello se busca mejorar la calidad del servicio de transporte público, que aporte movilidad a la ciudad y convenza a los conductores particulares a migrar de modalidad de transporte [89].

Se impone también la realización de importantes inversiones en vialidad para rescatar la funcionalidad de las vías troncales y equilibrar el exceso de oferta de autopistas. Para ello necesita fuentes sostenibles de financiamiento que consoliden distintos fondos y previsiones presupuestarias para esos fines. Esto va de la mano con una reingeniería del sistema de transporte público.

Los objetivos a alcanzar con estos cambios son: mejora de la congestión vehicular, ahorro de recursos, automatización y unificación del cobro de la tarifa, incremento de la seguridad de peatones y usuarios del sistema, mayor eficiencia en el empleo de unidades buses, reducción de la contaminación y mejora de la movilidad de las personas con diversidad funcional.

Con todo esto se busca pasar del enfoque primario del uso intensivo de coches particulares, a otra visión más sostenible centrada en la gente, en el aprovechamiento de los espacios y en una ciudad con mejores condiciones ambientales para todos.

1.1.18. Ciudad de México

El modelo de STI aplicado en la ciudad de México se inspira en los esfuerzos de arquitectura de sistema de Nueva York, pero adaptado a la realidad de una de las metrópolis más grandes del mundo. Para ello se ha trabajado con la inclusión de la apertura a los operadores comerciales privados, la automatización del cobro de peajes, la concesión en la administración de autopistas para garantizar la inversión, junto con los proyectos públicos de construcción de carreteras y de mantenimiento, la provisión de información oportuna para los usuarios, entre otras funcionalidades [90].

Con la implementación de la política de datos abiertos del gobierno de México, la ciudad tiene hoy las herramientas para el mejoramiento de la movilidad. Al liberar los datos de transporte, programadores de todo el mundo iniciaron el desarrollo de soluciones informáticas de movilidad. Lo cual pone a disposición del usuario información veraz relacionada con cuándo, cómo y por dónde se puede viajar, que ayudará a reducir el tráfico vehicular mediante la utilización de rutas alternativas y el conocimiento de los destinos que se pueden realizar a pie [91]. Estas soluciones informáticas utilizan el concepto del *crowdsourcing* [92] como un mecanismo para compartir información de datos de circulación vehicular entre los conductores.

Las restricciones de matrícula se aplican para limitar la cantidad de automóviles que pueden circular legalmente en una ciudad. La estrategia prohíbe a los vehículos con ciertos números de matrícula circular uno o más días de la semana. En algunas ciudades, la prohibición sobre el uso del automóvil puede hacerse efectiva en determinadas horas, pero en otras se aplica durante todo el día. Uno de los programas más conocidos de

restricción de matríucla en Latinoamérica es «Hoy no circula», en la Ciudad de México. El programa funciona seis días a la semana, reduce el uso de vehículos en un 20 % en un día normal, y abarca esta ciudad y otros 18 municipios vecinos [93].

1.1.19. São Paulo

La ciudad de São Paulo nació como un enclave productivo y consumista moderno durante el periodo de industrialización que comenzó a finales del siglo XIX y se aceleró en la década de 1930. Al igual que en muchas metrópolis de todo el mundo, una de las cuestiones más problemáticas de São Paulo es su intenso tráfico de vehículos. En este caso se puede argumentar que la alta dependencia de los automóviles es debido, en parte, a fallas en el crecimiento económico [94].

Esto se constata en la creación de un sistema de transporte público, intrincado pero limitado, que finalmente no sirvió para satisfacer las políticas que fomentaron el uso del transporte público en la mayoría de las poblaciones de bajos ingresos. Hasta la década de 1920 el transporte público era el modo principal de tráfico en la ciudad, con trenes y tranvías. Esto fue posible debido a las oportunidades e inversiones en infraestructura urbana.

En 1933 la ciudad tenía una red de tranvía de 258 km, tres veces la longitud de la red de metro actual. El sistema fue responsable del 84 % del transporte público en ese momento, en una ciudad con una población de 888 000 habitantes, menos del 10 % de la población de 2012. Con el tiempo, los bajos beneficios de la red de tranvías desincentivaron la expansión del sistema a las zonas periféricas. Al mismo tiempo, una visión contradictoria del plan urbano del gobierno de la ciudad ofreció un acceso flexible a las zonas urbanas utilizando vías construidas para coches y no a los tranvías [86].

En consecuencia, se desarrollo un sistema de transporte público para conectar la ciudad con las zonas periféricas. La expansión de la red de transporte permitió el desarrollo y la aparición de nuevos barrios alrededor de la ciudad. En este momento, la ciudad tenía cuatro millones de habitantes y 500 000 vehículos, y la ampliación de los límites de la ciudad llegó a la escala metropolitana. El sistema de carreteras se expandió un 778 % en el área del suelo urbano en más de una década, por lo cuál se requiere el incremento de unos 536 km de nuevos carriles.

No es sorprendente que el parque automovilístico aumentara y el mapa de transporte urbano se fuera transformando debido a la reducción y el abandono del sistema de tren existente, así como a la inauguración de un sistema de metro (inicialmente un corredor norte-sur) en 1974. El objetivo de estas nuevas inversiones en el transporte fue aumentar la velocidad, bien mediante la construcción de nuevas calles y avenidas, o con la creación del sistema de metro, que estaba destinado a reducir el tráfico de cruce entre el norte, centro y sur de la capital.

1.1.20. Buenos Aires

Los residentes de Buenos Aires en el área metropolitana lidian con las carencias y defectos de un sistema de transporte en decadencia desde hace varios años, generando un impacto socioambiental negativo, como los accidentes. Uno de los aspectos más críticos para esta ciudad es la seguridad vial, que queda especialmente reflejada en la precariedad del sistema ferroviario [95].

El autobús (en Argentina, «colectivo») es hoy el medio de transporte utilizado por el 37 % de los habitantes, lo cual lo sitúa como el más importante de los medios públicos de transporte, lo que lleva a otro tipo de problemas debido a que el 76 % (cerca de ocho millones de personas al día) lo utiliza y lo sobreocupa [95].

La subutilización del ferrocarril, con una participación modal del 12 %, y del metro con un 11 %, agravan la congestión. También hay deficiencias en la infraestructura vial regional, que no está adecuadamente distribuida para facilitar los desplazamientos de la carga y de los viajeros de larga distancia, mezclándolos con los transeúntes urbanos. Las autopistas están siendo mal aprovechadas, sin ningún tipo de orden para los transportes de mercancías que obstaculizan la red ferroviaria no subterránea.

En función de todo ello, se diseñó el Plan de Movilidad Sustentable por parte de las autoridades locales de la ciudad. En este plan se incluyen cuatro aspectos ligados al concepto de sostenibilidad: la equidad, la eficiencia, la eficacia y lo relativo a la administración del sistema y a la ecología. Con la planificación que se plasma en este instrumento se quieren abordar los siguientes proyectos [96]:

- La movilidad de los peatones, al establecer bulevares o ciertas calles, especialmente en el centro de la ciudad, exclusivos para la circulación de peatones. Se prestó particular atención al rediseño de calzadas, la eliminación de barreras y cualquier obstáculo al paso de transeúntes, privilegiando los espacios para la concentración de personas.
- La demarcación de vías preferentes para el transporte público permite priorizar a los autobuses en cuanto a su circulación a través de la vialidad urbana, evitar que la congestión retrase las rutas y disminuya la frecuencia de las mismas o haya una sobreutilización de unidades. Esta iniciativa aportó buenos resultados, ya que se disminuyó en un 35 % el tiempo empleado en viajes por parte de los usuarios, y se redujo la contaminación sónica y la atmosférica originadas por el transporte público.
- Como avanzada respecto al modo convencional de autobuses se instauró el Metrobús, un mecanismo de BTR, ya que, al circular por vías exclusivas, tener menos paradas, automatizar el cobro de tarifas y contar con rutas más directas, se presenta como una alternativa expedita para la movilidad. Se trata de un híbrido de bajo coste entre el autobús, que no cuenta con elevada capacidad y es relativamente lento, y los modos en rieles (ferrocarril o subterráneo) con alta capacidad y coste operativo. Se cuenta entre sus funcionalidades la disponibilidad de un GPS que facilita el control de la operatividad y provee de información sobre rutas y frecuencias a los usuarios. Gracias a ello bajaron los tiempos de desplazamiento de punta a punta de la ruta en un 40 %.

Buenos Aires implementó un ITS para mejorar la circulación vehicular de la ciudad, que está compuesto de instrumentos y herramientas que facilitan la movilidad urbana [97].

El funcionamiento de este sistema se da desde un centro de control 3CT, con lo cual el equipo de programaciones detecta la congestión en base a un parámetro que se programa, indicando la cantidad de vehículos máxima por tiempo. Una vez detectado el tráfico, aplica la extensión de 10 segundos de la luz verde. Los operadores también pueden, desde el centro, manipular los semáforos en tiempo real con el fin de descomprimir el tráfico, agilizando la circulación de vehículos.

En ese contexto, se puede decir que Buenos Aires ha llevado a cabo un mejoramiento que incluye:

- Ordenadores de congestión vehicular
- Semáforos
- Controladores de los semáforos
- Cableado

Además, se usa la tecnología de:

- LED
- Carteles de leyenda variable
- Carteles de disponibilidad de estacionamiento

Finalmente, el STI de Buenos Aires incluye un modo en bicicleta, para lo cual se han habilitado más de 100 kilómetros de carril bici, adecuadamente diferenciados de las carreteras vehiculares. Asimismo, está en funcionamiento un servicio público sin coste para el usuario de movilidad en bicicleta que cuenta con 23 estaciones que operan previa suscripción, y que ya alcanza los 50 000 usuarios.

Todo esto va unido a la mejora de la infraestructura vial, con fines de conectividad, la cual incluye reacondicionamiento de puentes, como el que va sobre el Riachuelo, buscando una comunicación más directa con el sur del área metropolitana, y la edificación de pasajes a desnivel (que ya son 11) con el propósito de tener una mejor alimentación para la modalidad ferroviaria [95].

1.2. Estrategias de *crowdsourcing*

En la lista de las estrategias para solucionar los problemas del tráfico vehicular está el *crowdsourcing*, una herramienta que aprovecha la inteligencia combinada, el conocimiento o experiencia de un grupo de personas, para responder una pregunta, resolver un problema o gestionar un proceso. Esta estrategia persigue un acercamiento basado en las personas que permita dar mejor tratamiento a la generación de datos.

La importancia del *crowdsourcing* se centra en un modelo de bajo coste para la obtener y compartir datos entre los participantes, lo que contribuye al concepto de ciudad inteligente. Aplicado a la movilidad, admite que los viajeros conectados intercambien información de tráfico en tiempo real, ofreciendo alternativas de transporte disponibles en línea [98, 99].

Durante los últimos años, el *crowdsourcing* ha aumentado en popularidad gracias a la disponibilidad de servicios que permiten entrar fácilmente en contacto con grandes multitudes. Redes sociales como Twitter y Facebook ofrecen, a través de servicios *web*, una gran cantidad de información en tiempo real que puede ser explotada para diferentes fines, como por ejemplo sistemas de recomendación capaces de inferir situaciones puntuales que estén ocurriendo y tomar decisiones al respecto.

Una aplicación del *crowdsourcing* es justamente recolectar información relacionada con el tráfico y recomendar la ruta óptima de un lugar a otro. Para ello se diseñaron las siguientes fases [100]:

Recolección. El primer paso para la realización del sistema de recomendación es la recolección de información relacionada con el problema del tráfico. Para esto se puso en marcha un servidor encargado de recolectar tuits en tiempo real. Este se conecta a Twitter a través de su interfaz de programación de aplicaciones (API) y descarga los últimos tuits cada 10 minutos. Los datos se almacenan en una base de datos en PostgreSQL (un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto).

Preprocesamiento de texto. En Twitter, los usuarios están limitados a mensajes de hasta 140 caracteres. En el momento de preprocesar los tuits se procede a eliminar las URL en ellos, las palabras que no aportan mucha información, como «RT», «rt» y «via», al igual que las menciones de usuario. Para disminuir estos efectos, se eliminan los acentos, se intentan normar los verbos y se realizan sustituciones textuales para corregir errores comunes usando varias técnicas, lo que incluye un diccionario de errores comunes en tuits y un *stemmer* para reducir los verbos a su raíz.

Con los textos preprocesados se utiliza el modelo de n-gramas, con n = 1, 2, 3. Hay que advertir que con n = 1 es igual que el modelo de bolsa de palabras. Posteriormente se utiliza TF-IDF para normalizar los pesos de los n-gramas observados. La intuición es asignar mayores pesos a n-gramas más ricos semánticamente y disminuir el peso que se asigna a palabras muy repetidas que pueden no aportar mucho valor.

Clasificador de relevancia. Para el análisis de relevancia se utiliza un clasificador por regresión logística, entrenando con 1000 tuits recolectados. De estos, la mitad eran ejemplos positivos de tuits que hablaran del tráfico, mientras que la otra mitad consistía

en tuits de temas variados. Se realiza este paso para evitar confusiones con temas similares o ruido que pueda afectar a la recomendación que se intenta dar.

Clasificación del tráfico. Tomando los textos que resulten relevantes del clasificador anterior se procede a entrenar un clasificador multiclase para determinar el nivel de tráfico en una vía particular. Para esto, se utiliza como conjunto de entrenamiento alrededor de 4500 tuits y se clasifican manualmente definiendo conjuntos de clases que son de relevancia para estudiar en los experimentos:

- Clase 0: Se habla de que no hay tráfico
- Clase 1: Se habla de que hay tráfico moderado
- Clase 2: Se habla de que hay tráfico pesado

Al igual que sucede con el ejemplo anterior, existen otras aplicaciones de esta herramienta en todo el mundo [101, 102]. Finalmente se puede mencionar que esta herramienta es utilizada a nivel mundial y ha tenido éxito en la aplicación a problemas de movilidad vehicular.

1.3. Ventajas, desventajas y aplicabilidad de las estrategias analizadas

El estudio profundo y analítico, tanto de casos de aplicación a lo largo del mundo, como de diversas técnicas, herramientas, estrategias de detección, gestión y tratamiento de la congestión vehicular, muestran varias aplicaciones con potenciales soluciones para la ciudad de Quito.

A continuación se presenta un resumen de las principales estrategias que pueden servir de base para establecer potenciales soluciones al mejoramiento del tráfico y las ventajas e inconvenientes de su aplicación en la ciudad de Quito:

Tabla 6. Ventajas y desventajas de estrategias de evitación de la congestión vehicular

Soluciones	Ventajas	Desventajas
Aplicaciones de gestión y monitoreo real de tráfico público (sistemas para optimización de rutas, sistemas de monitoreo, sistema de gestión e información de autobuses, sistema de priorización de tráfico, sistema de asistencia al conductor de vehículo, gestión de demanda de transporte, sistema de planificación de viajes transmodales)	Automatización del monitoreo de tráfico Toma de decisiones más eficientes Mejoramiento de la circulación vehicular	Acceso a la tecnología Costes de uso y mantenimiento de la tecnología Falta de conocimiento de la tecnología
Incorporación de buses de transporte rápido (metro, tranvía, trenes regionales)	Incremento de velocidad de operación Incremento de capacidad Amplia cobertura territorial Reducción de costes de viaje	Incremento de costes de mantenimiento Falta de técnicos especialistas Disponibilidad de repuestos Disponibilidad de unidades Costes de adquisición
Movilidad en bicicletas	Medio de transporte ecológico Fácil accesibilidad Transporte económico Transporte saludable	Riesgo de afectación de la integridad física Aumento de tiempo de viaje Capacidad de acceso Cultura de uso
Optimización del uso de carreteras	Aumento de la velocidad de operación Reducción de tiempo de movilidad	Disponibilidad de recursos económicos
Optimización del sistema de semaforización para toda la ciudad	Reducción de tiempos muertos Ordena eficientemente la circulación del tráfico Ahorro eficiente de recursos de gestión de tráfico	Demora injustificada a cierto número de usuarios en volúmenes pequeños de tráfico Recursos económicos altos Falta de especialistas técnicos
Políticas de restricción vehicular (política de tarifas, estacionamiento prioritario, cupos de vehículos, planificación de espacios viales, líneas exclusivas de buses, zona prioritaria de peatones)	Incentivo en el uso del transporte publico Mejoramiento de la circulación vehicular Control de incremento de vehículos	Libertad de adquisición y desplazamiento vehicular Libre circulación vehicular privada
Uso de tecnología GPS (Controles automáticos de velocidad y posicionamiento satelital)	Permite llegar a un determinado sitio sin una ruta predeterminada Localización rápida de las unidades de transporte Control de velocidad y tiempo de transporte	Costes de uso y mantenimiento de la tecnología Consume gran cantidad de electricidad Información errónea en zonas sin cobertura Afectación a la salud del conductor debido a ondas radiactivas emitidas por el dispositivo
Estrategias de *crowdsourcing* (uso de teléfonos inteligentes y programas para recuperación de datos y acceso a información en tiempo real, uso de redes sociales)	Coste de utilización Alta cobertura espacial En tiempo real Incrementa la cultura de la contribución y la colaboración Fácil acceso a datos de congestión	Cultura de uso de redes sociales como herramienta de notificación de congestión

Respecto al contenido de la **Tabla 6** podemos mencionar que en la actualidad ya están siendo utilizadas algunas estrategias (restricción vehicular, buses de transporte rápido, uso de bicicletas, entre otras), aunque no han dado el resultado esperado. Frente a esto se requiere la implantación de otras alternativas que sean de apoyo a las soluciones requeridas para solucionar la congestión vehicular existente en la ciudad.

Por otra parte, en el mismo cuadro se detalla que, si bien es cierto que existen muchas estrategias que se podrían aplicar como solución a la congestión en la ciudad de Quito, dichas alternativas están sujetas a varios aspectos, entre otros, disponibilidad de recursos económicos altos, personal especializado en el uso de ciertas tecnologías o amplios rangos de cobertura. Por lo cual se puede concluir que el uso de estrategias de *crowdsourcing* (uso de la red social Twitter) es una alternativa eficiente a los problemas de congestión vehicular en la ciudad de Quito, con un menor coste y mayor cobertura. Además de ser de fácil acceso a datos de congestión, es una herramienta utilizada en un gran número de ciudades con resultados positivos.

2. Resultados objetivo 2

Los resultados de la investigación de campo a nivel de la ciudad de Quito responden al objetivo 2, que se fundamenta en determinar la percepción de la población en relación a la problemática de la congestión vehicular y sus posibles soluciones. Para lo cual se indaga sobre el uso de medios de movilización y el tiempo de viaje. También se podrá conocer a través de estos resultados la aceptación de uso de la red Twitter, que es la base de la propuesta realizada.

Los resultados, como se ha presentado en la metodología, se obtienen de una muestra de 384 personas, representativa de la población de Quito.

A. Preguntas relativas a la movilidad de la población

Relativo a la pregunta sobre la importancia de la congestión vehicular en la ciudad de Quito, la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. recoge que para el 74,8 % de los quiteños actualmente es un problema muy importante o importante; un 15,6 % lo considera moderadamente importante; no existiendo ningún habitante que no lo considere un problema de la ciudad.

Tabla 7. Opinión sobre la importancia de la congestión vehicular

Importancia de la congestión	Frecuencia	Porcentaje
Muy importante	125	32,6
Importante	162	42,2
Moderadamente importante	60	15,6
Poco importante	37	9,6
Nada importante	0	0,0
Total	**384**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

Al preguntar a los encuestados cuáles consideran que son las principales causas de congestión vehicular de la ciudad de Quito, las respuestas muestran los diferentes problemas que consideran más importantes. Principalmente se considera la forma geográfica de la ciudad y sus espacios, el incremento de los vehículos, los sistemas de transporte público, la forma o cultura de la población para la conducción y el respeto a las normas de circulación. Otros aspectos menos importantes que percibe la población como causantes de la congestión vehicular son: la semaforización no secuenciada y la acumulación de vehículos en puntos específicos, además se menciona que las obras de infraestructura son insuficientes o no lo bastante efectivas.

Tabla 8. Principales causas de tráfico en la ciudad

Principales causas de tráfico (N=384)	Frecuencia	Porcentaje
Forma geográfica de la ciudad	265	69,1
Incremento de los vehículos	172	44,8
Sistemas de transporte público	116	30,2
Cultura de conducción vehicular	68	17,7
Obras de infraestructura vehicular en la ciudad	59	15,4

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

La ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., describe los resultados asociados a la pregunta sobre la posesión y el uso del vehículo particular para desplazarse diariamente. Los resultados muestran que solo 123 personas poseen vehículo, que utilizan en alguna medida, representando el 32,0 % de la muestra. De aquellos que poseen vehículos, la mayoría lo utiliza siempre o casi siempre, lo cual corresponde a un 93,5 %. Mientras que muy pocos (6,5 %) indican utilizarlo a veces. Esto lleva al hecho de que quienes disponen de vehículo hacen uso de él, antes que del transporte público.

A su vez, este resultado, junto al porcentaje de personas que disponen de coche, muestra la gran cantidad de vehículos que circulan de forma permanente, siendo cerca de 500 000 unidades en un área muy angosta.

Al preguntarles por qué no utilizan transporte público, las principales respuestas fueron:

- Debido a que existe mucha aglomeración de personas
- No existen las rutas adecuadas para ir a donde se requiere o no conocen las rutas del transporte público
- Es un muy mal servicio y prefieren no arriesgarse
- Toma mucho tiempo desplazarse de un lugar a otro
- Es poco higiénico y existe riesgo de robo

Esto muestra, en general, un nivel de servicio de baja calidad y que genera preferencia por el vehículo propio; por otra parte, denota poca coordinación para el conocimiento de las rutas, paradas, horas del transporte público por parte de las autoridades de la ciudad.

Tabla 9. Uso de su vehículo para desplazarse diariamente

Uso de su vehículo	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	92	74,8
Casi siempre	23	18,7
A veces	8	6,5
Casi nunca	0	0,0
Nunca	0	0,0
Total	**123**	**100,0**

Fuente:Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

Al profundizar en la investigación, se ha consultado acerca del tiempo invertido por persona y día en atascos a causa de la congestión vehicular. En las respuestas se evidencia que el 47,9 % de los encuestados pierde de una a dos horas al día en atascos por congestión y un 18,2 % de los encuestados más de dos horas al día (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Haciendo un estudio más minucioso, podemos ver que el índice de congestión INRIX[3], generado por la página <http://inrix.com/scorecard/> para la ciudad de Quito es de 6,7 con, aproximadamente, un 13 % del tiempo invertido en conducir en situaciones de congestión, lo que sitúa a la ciudad de Quito en la primera del país en cuanto a congestión vehicular, en la posición 30 de 193 ciudades de Sudamérica, y en la 178 de 1360 ciudades del mundo. Estos resultados confirman los problemas de congestión vehicular que se generan en la ciudad. (**Ver anexo 2**)

Tabla 10. Tiempo en atascos de tráfico durante el día

Tiempo de atascos	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 30 minutos	22	5,7
30 minutos a 1 hora	108	28,1
1 a 2 horas	184	47,9
Más de 2 horas	70	18,2
Total	**384**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

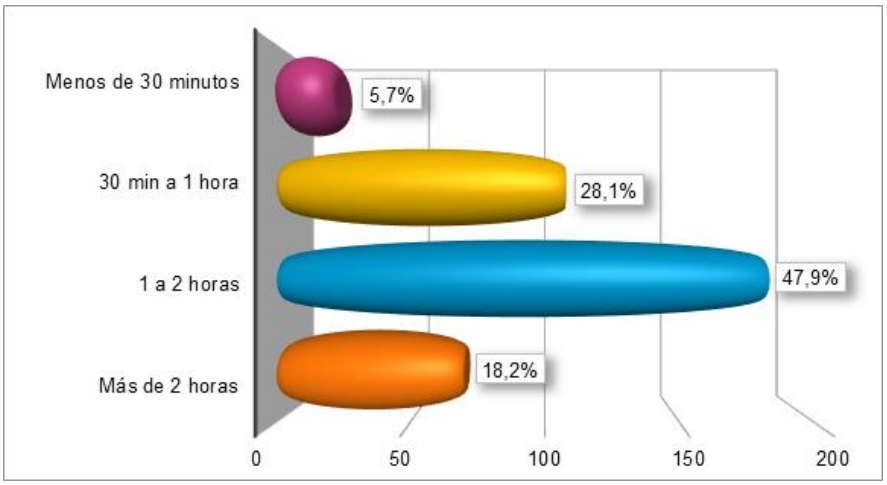


Gráfico 2. Tiempo de atascos en la ciudad

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

B. Preguntas relativas al uso de internet y redes sociales

El ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. expone la frecuencia del uso de internet en la muestra de personas encuestadas, donde el 96,8 % expresa que usa internet

[3] INRIX Global Traffic Scorecard es una metodología basada en el análisis de miles de millones de puntos de datos en bruto que mide de forma única los problemas de congestión de tráfico, yendo más allá de las limitaciones tradicionales de sensores de carreteras y técnicas de muestreo estadístico y analizando datos en tiempo real. INRIX® es la mayor plataforma inteligente de tráfico global a nivel mundial.

de forma diaria o una vez a la semana. Estos datos concuerdan con las estadísticas que reflejan un aumento paulatino del uso de internet en Ecuador.

Según la página «Éxito exportador» que expone las estadísticas del uso de internet en el mundo hasta 2016, Ecuador ocupa el noveno lugar en América del Sur, con una cifra de 8 297 093 usuarios de una población de aproximadamente 15 868 396 habitantes, para un 52,3 % de penetración, siendo uno de los países que experimenta un crecimiento mantenido [103].

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el 35 % de los ecuatorianos accede a diario a internet y el 65 % lo usa puntualmente. De acuerdo a estadísticas de Google para el país, hasta enero de 2017, los 8,7 millones de internautas utilizan su buscador para actividades como acceso a redes sociales para comunicación familiar, actividades de entretenimiento, investigación y acceso a recursos o empresa y novedades deportivas, entre otras [104].

Otros datos importantes del INEC respecto al uso de internet:

- El 65,3 % registra acceso a internet desde su vivienda
- El 46,1 % de los usuarios corresponde al sexo masculino
- El 78,8 % de los usuarios se encuentra en edades comprendidas entre 18 y 26 años
- El 63,3 % de los usuarios reside en la provincia de Pichincha, siendo esta la provincia que más usuarios conectados registra

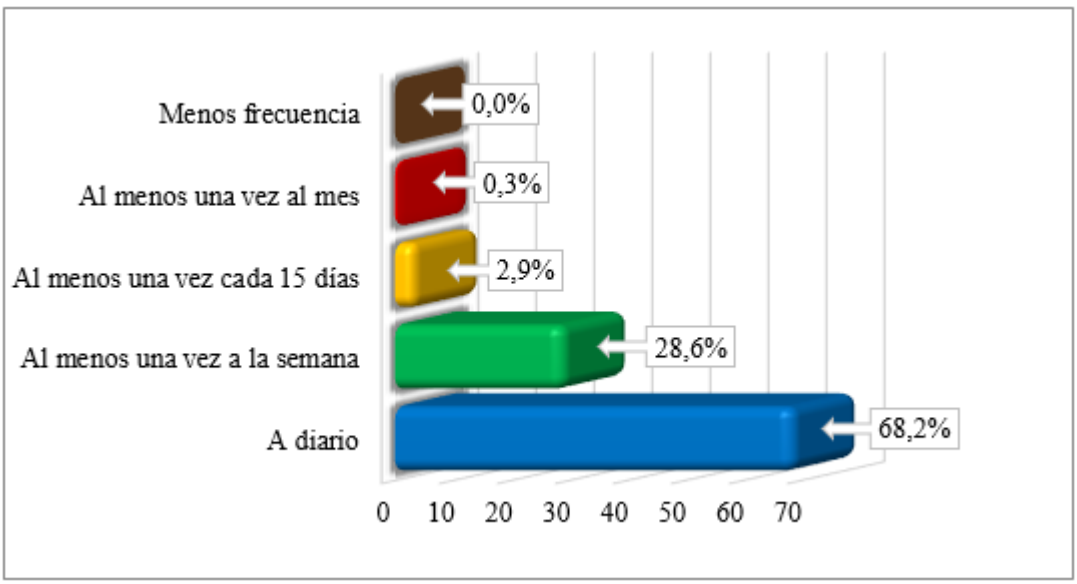
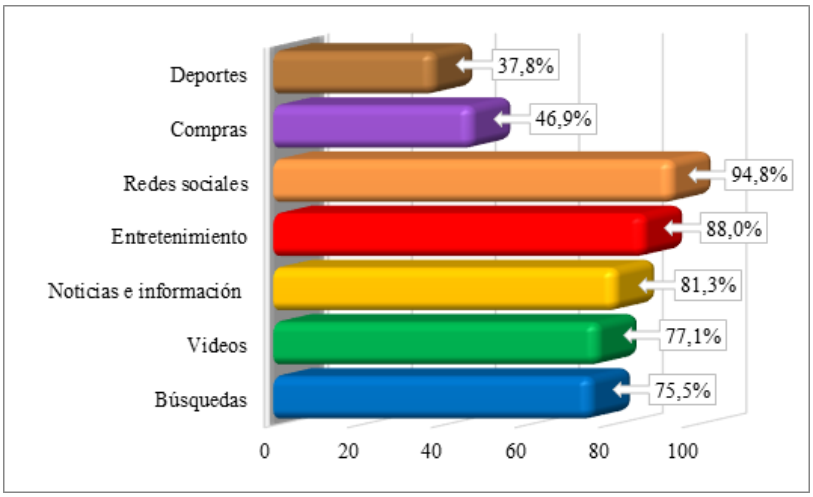


Gráfico 3. Uso de internet

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

El 

, expone las respuestas de los encuestados ante la pregunta sobre el motivo de usar internet. Los resultados demuestran el alto porcentaje de uso de las redes sociales, con un 94,8 %. Según las estadísticas del INEC (2016), los sitios *web* con mayor tráfico de usuarios por categorías son:

1. Entretenimiento, juegos y redes sociales
2. Noticias e información
3. Videos
4. Búsquedas
5. Compras
6. Deportes
7. Servicios Públicos
8. Pornografía

Como puede observarse, las redes sociales están dentro de las páginas con mayor búsqueda en Ecuador.

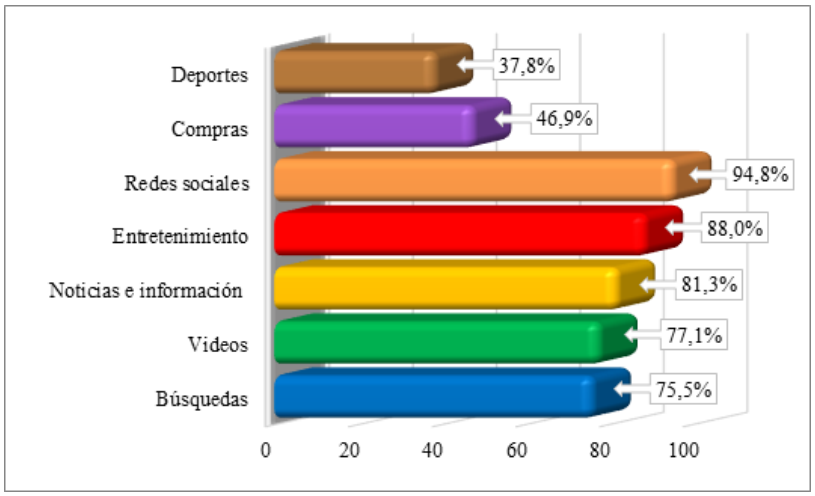


Gráfico 4. ¿Para qué usa internet?

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

Por otra parte, al estudiar el uso de las redes sociales y su frecuencia con el fin de conocer la factibilidad de utilizar datos sociales para crear aplicaciones para mejorar el transporte, los resultados mostraron que, de los encuestados que refirieron usar las redes sociales, el 100 % usa Facebook, el 94,2 % usa YouTube como red social para ver y compartir videos, y en tercer lugar se encuentra Twitter con un 79,4 %, del cual el 55,2 % lo usa diariamente o de forma regular. Este resultado genera en primera instancia una posibilidad muy importante de usar estos recursos (redes sociales) en la movilidad de la ciudad de Quito, considerando como referencia otros proyectos que han sido desarrollados en varios países [105], así como innovaciones que pueden considerarse con estas importantes herramientas.

De acuerdo a estadísticas del INEC del año 2017 [106], las redes sociales provocaron un giro en el actuar de los usuarios y se han afianzado como medios que facilitan la interacción, la colaboración y el consumo de contenidos, constituyéndose como factor diferenciador en las estrategias que persiguen el contacto y la vinculación en canales digitales.

A nivel nacional, las estadísticas muestran que un 53,2 % de la población está registrado en alguna red social. Las redes sociales más utilizadas son Facebook, Twitter, YouTube, WhatsApp y Skype, destacando Facebook, pues de los 8,7 millones de usuarios, 8,2 han sido captados por esta red social. Finalmente, hay que mencionar que para acceder a esta red social el 72 % lo hace desde dispositivos móviles.

En relación a la red social Twitter, en el país se registra un promedio de 2’000.500 usuarios (a fecha de febrero de 2017), de los cuales el 54 % accede a esta red social desde dispositivos móviles, según se aprecia en ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

Tabla 11. ¿Cuál usan? ¿Y con qué frecuencia?

Redes sociales	frecuencia de uso de las redes sociales				Total	
	diariamente/regularmente		ocasionalmente/rara vez			
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	**Frecuencia**	**Porcentaje**
Google +	0	0,0	47	12,9	**47**	**12,9**
YouTube	287	78,8	56	15,4	**343**	**94,2**
Facebook	304	83,5	60	16,5	**364**	**100,0**
Twitter	201	55,2	88	24,2	**289**	**79,4**
Instagram	48	13,2	120	33,0	**168**	**46,2**
LinkedIn	64	17,6	56	15,4	**120**	**33,0**
Snapchat	0	0,0	0	0,0	**0**	**0,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

El ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. muestra las respuestas de los encuestados ante la pregunta de si cree interesante el uso de la red social Twitter para enviar y recibir alertas acerca de la congestión vehicular. Del total de encuestados, un 54 % indica que la propuesta es interesante y por tanto existe una gran posibilidad de hacer uso de Twitter para este fin, aun cuando es una red que no ha tenido una importante penetración entre la población del país, comparándola con otras como Facebook, que es la más utilizada, como lo confirma la encuesta de condiciones de vida realizada por el INEC [104]; un 39 % indica ser neutral o no estar muy interesado en este uso, y un 17 % no está nada interesado o no haría uso.

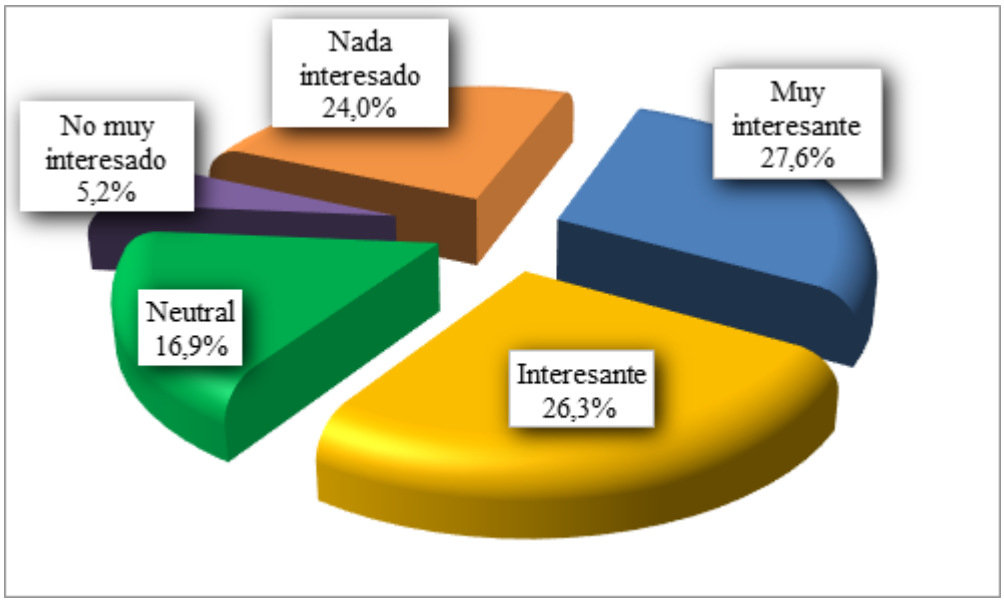


Gráfico 5. Si cree interesante el uso de la red social Twitter para enviar y recibir alertas acerca de la congestión vehicular

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

De los 289 encuestados que declararon usar la red social Twitter (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el 41,5 % conoce el uso de esta red para enviar y recibir alertas acerca de la congestión vehicular, de los cuales el 19,0 % la usa con este fin.

Un estudio de la cuenta de Twitter <https://Twitter.com/traficouio?lang=es> (incluye las etiquetas *#TraficoUIO*, *#ViasAlternasUIO*, *#MovilidadUIO*, *#RadaresUIO*) creada en octubre de 2010 sobre el tráfico de Quito, describe que en la misma hay 10 128 tuits, aproximadamente 4 000 tuits por día y 22 128 seguidores, además podemos ver que el jueves fue el día de la semana de mayor frecuencia y el horario del día las 10 a. m. La plataforma más usada es iPhone, con 1242 tuits. La mayoría de los seguidores de la cuenta son de Ecuador. Lógicamente, los datos extraídos de esta cuenta no son suficientes, sino que son complementados por el filtrado de otras palabras clave que veremos en el próximo capítulo, como, «congestión», «atasco», «embotellamiento», «tráfico», «circulación», etc. (**ver anexo 2**).

En el **anexo 3** se presenta un estudio de minería utilizando la aplicación TrendsMap Analytics sobre el uso de Twitter en dos semanas de monitoreo en diferentes ciudades de varios países latinoamericanos. Del informe podemos observar que en Ecuador, en este lapso, hubo un total de 1 066 100 tuits con un 59 % de retuits, distribuidos en un 38 %

entre el sexo femenino y un 62 % entre el masculino. La provincia de Pichincha ocupa el segundo lugar después de Guayas, con un 26 % del total, y dentro de ella la cuidad de Quito (con una población de 2 530 000 habitantes) un 25 %, que representan 266 525 tuits.

Comparando con otras ciudades de características similares en cuanto a densidad de población, como Asunción de Paraguay (2 200 000 habitantes), vemos que en este tiempo hubo aproximadamente 296 628 tuits generados en esa ciudad, concluyendo que la cantidad de tuits en la ciudad de Quito es menor. De igual forma, si la comparamos con la ciudad de Cali (2 900 000 habitantes), los resultados son mucho menores, pues hubo en este lapso aproximadamente 483 648 tuits, con una población ligeramente mayor.

Tras este análisis, podemos concluir dos puntos: el primero muestra que el número de tuits no depende del tamaño de la población, sino del nivel de aceptación del uso de la red social Twitter para alertas de tráfico; y el segundo, que el volumen de generación de tuits es acorde al generado en ciudades con una población promedio similar a la ciudad de Quito, lo cual indica que el uso de esta herramienta es bastante prometedor, constituyéndose en un factor positivo para esta investigación, pues nos indica que podemos inducir a la ciudadanía a usarla esta con fines colaborativos que ayudaran a contrarrestar el problema de la congestión vehicular.

Finalmente, al consultar a la población sobre cuáles serían las posibles soluciones para mejorar la circulación vehicular, se mencionaron varios aspectos, como la construcción del metro, la creación de un mejor sistema de transporte público, la creación de nuevas vías de descongestión o las obras de mejoramiento.

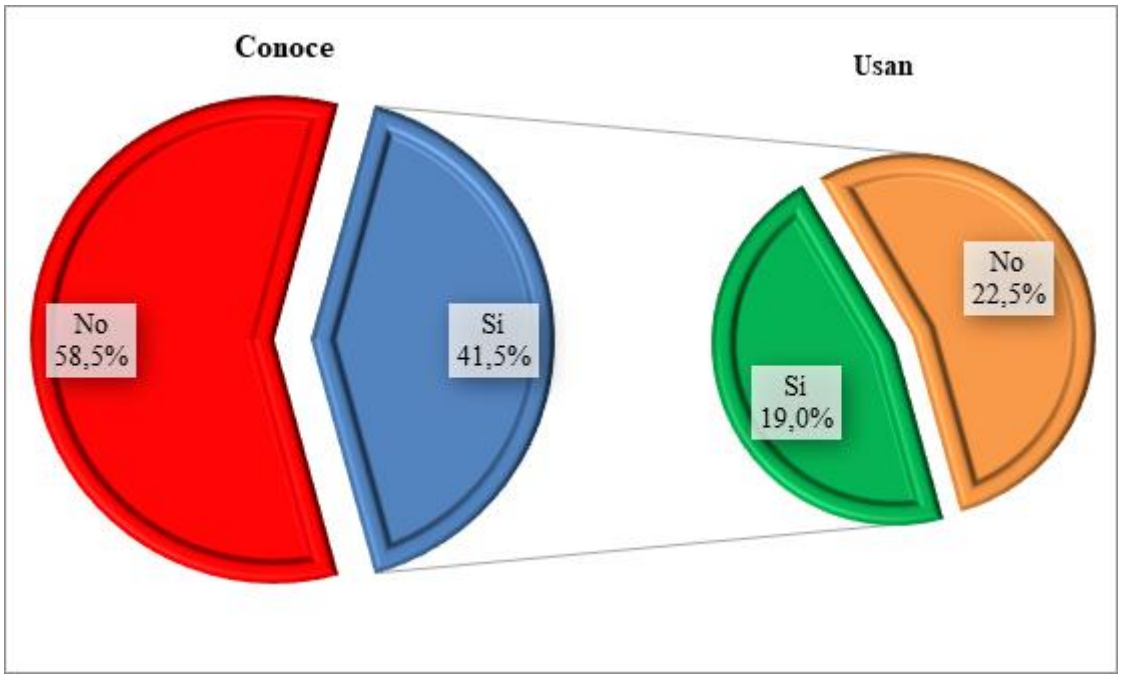


Gráfico 6. Uso de la red Twitter para enviar y recibir alertas acerca de la congestión vehicular

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo.

3. Resultados objetivo 3

La investigación realizada nos ha proporcionado información internacional de los esfuerzos en diferentes ciudades, y de los resultados, para mejorar la movilidad y disminuir los niveles de congestión. Además, ha permitido adquirir información primaria tanto del comportamiento de los usuarios de diferentes medios de transporte en la ciudad, así como como su percepción de la congestión, enriqueciendo así la investigación. En base al objetivo 3, el presente capítulo se centra en desarrollar un sistema que permita recolectar, procesar y analizar datos de tráfico de la ciudad, provenientes de sensores y de la red social Twitter, para la mejora de la movilidad urbana.

En el desarrollo de la propuesta fueron necesarias fuentes de datos que, en nuestro caso, provienen de datos sensoriales, registros obtenidos por los agentes de tráfico y redes sociales. La primera, generada por sensores instalados en lugares considerados de alta congestión circulatoria, la segunda mediante reportes de situaciones de congestión; ambos administrados por el Centro de Gestión de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito; y la tercera, del uso de la red social Twitter como sensor humano.

La información disponible se procesará mediante el sistema informático creado para ello, para, finalmente, presentar resultados y determinar los principales factores a tener en cuenta para la congestión.

3.1. Plataformas *Big Data*

Las plataformas de macrodatos nacen frente a la imposibilidad del tratamiento de la gran variedad, volumen y velocidad de datos mediante las herramientas tradicionales. Con la finalidad de determinar las herramientas más adecuadas para el desarrollo de la solución propuesta, se hará un resumen de las principales infraestructuras completas para el tratamiento de macrodatos:

- Apache Hadoop
- Disco Project

3.1.1. Apache Hadoop

Apache Hadoop es un ecosistema que facilita el procesamiento distribuido de grandes conjuntos de datos mediante la implantación del paradigma de MapReduce[4]. Ofrece una plataforma a través de la cual se pueden desarrollar aplicaciones escalables. El ecosistema Apache Hadoop constituye en la actualidad un caso de éxito de grandes empresas a nivel mundial, como Yahoo!, Last.fm, Facebook o *The New York Times* y una de las plataformas de mayor uso en la actualidad.

A continuación se describen las peculiaridades más representativas del ecosistema Apache Haddop:

- Facilidad del sistema de archivo. El sistema de archivo distribuido Hadoop (HDFS) es amigable, pues tiene alto grado de similitud con los sistemas de archivos comúnmente empleados, especialmente con el de Unix.
- Enormes volúmenes de información.

[4] Modelo de programación que soporta computación paralela en grupos de computadoras sobre grandes volúmenes de datos.

- Modelo simple y coherente. Se conserva la coherencia de los datos y habilita su acceso rápido, ya que el sistema de archivos escribe el fichero una sola vez, que después de cerrado no necesita cambios.
- Portabilidad. Facilidad de migración entre diferentes ecosistemas y plataformas.
- Escalabilidad simple. El sistema de archivos HDFS permite el escalamiento del sistema en caliente y la incorporación de nuevos nodos sin detener los procesos que están ejecutándose en el clúster.
- Tolerancia a fallos de equipo. Paralelización del sistema en servidores, donde cada sistema de archivos se almacena en cada uno de ellos, logrando una estabilidad en el sistema de procesamiento que no se ve afectado se falla el equipo.
- Acceso en directo. Los usuarios necesitan acceder a los datos en tiempo real con un rendimiento frecuente y creciente.

A continuación se exponen los proyectos más importantes relacionados con Hadoop (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**):**

- Ambari: Es una aplicación *web* para la gestión de clústeres para Hadoop.
- Avro: Sistema que permite datos compactados y seriados de diversas estructuras, además de un contenedor para los mismos a través de lenguajes dinámicos perfectamente integrados.
- Cassandra: Representa una base de datos distribuida y escalable utilizada por grandes empresas.
- Chukwa: Constituye un sistema que permite recolectar datos de código abierto para hacer seguimientos de grandes sistemas distribuidos. Además, incluye un grupo de poderosas y flexibles herramientas que permiten controlar, mostrar y analizar resultados, de tal forma que hace posible un mejor tratamiento de la información recolectada.
- HBase: Es una base de datos NoSQL escalable y distribuida que permite guardar datos estructurados.
- Hive: Es un lenguaje de consulta y manejo de gran cantidad de datos almacenados en ambientes; además, proporciona herramientas que permiten acceder a la estructura de los datos mediante la utilización del lenguaje HiveQL [94].

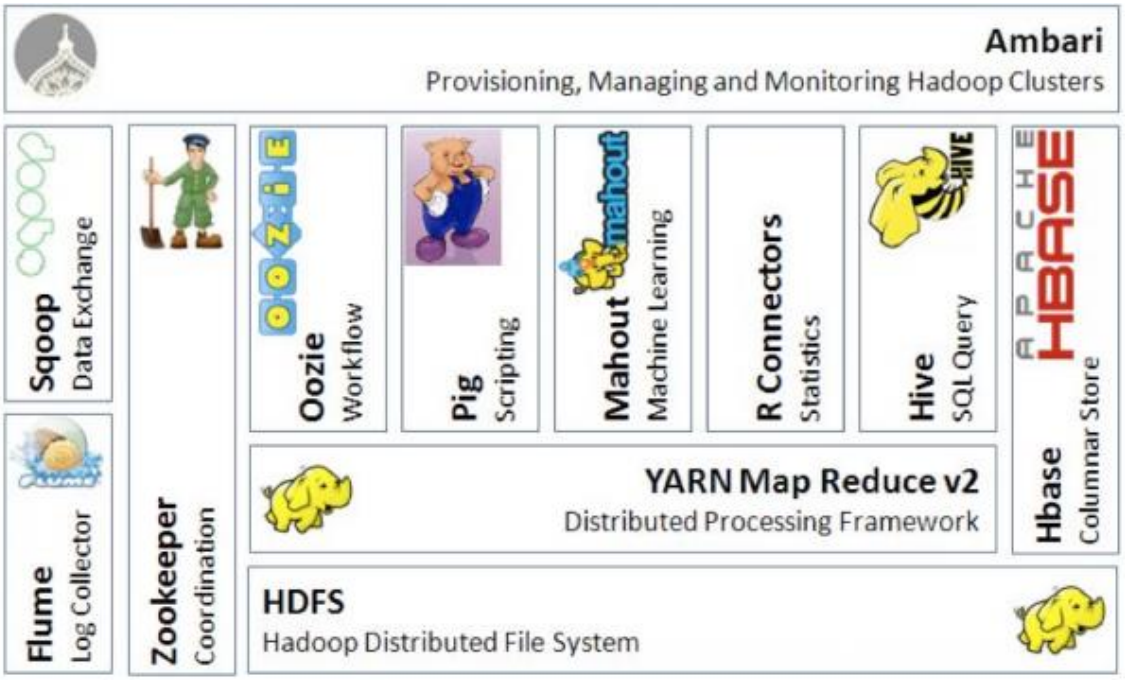


Figura 5. Ecosistema Hadoop

Fuente: [107].

3.1.2. Disco Project

Es una plataforma de código abierto para la computación distribuida, basada en MapReduce y que admite paralelismo sobre altos volúmenes de datos con almacenamiento en clúster. Esto hace que la herramienta resulte adecuada para el análisis y tratamiento de grandes almacenes de datos utilizando una combinación de lenguajes, como Python y Erlang.

Disco se usa para diversas aplicaciones, como análisis de registros, modelado probabilístico, minería de datos e indexación de texto completo. Es un marco de código abierto y el uso de Python lo hace robusto y fácil de usar. Dado que Disco combina un sistema de archivos distribuido y funciones de reducción de mapas, Hadoop y Disco a menudo se pueden ver como complementarios.

El lenguaje de programación de Erlang ayuda a construir sistemas de tiempo real masivamente escalables con requisitos de alta disponibilidad. Puesto que Disco usa la concurrencia y la agrupación en clústeres de Erlang, los usuarios no requieren de nada más que de un servidor maestro para enviar trabajos e insertar archivos en el sistema de archivo distribuido Disco (*Disco Distributed File System*, DDFS). Con Disco,

prácticamente no hay latencia cuando se inician trabajos y se ponen en marcha rápidamente.

Se exponen ahora las particularidades y los beneficios más importantes de usar Disco Framework:

- Escalable: Facilidad en la adición de nuevos equipos según la necesidad. Permite, además, la ejecución de tareas simultáneas en un clúster de equipos.
- Facilidad de uso: Mediante el acceso a dos rutinas desarrolladas en el lenguaje Python, y también mediante la invocación a la API de Disco.
- Permeabilidad frente a fallos: En un sistema distribuido, permite añadir nuevos equipos en el posible caso de interrupción de un servidor.
- Adaptativo: Permite la incorporación de nuevas funciones de combinación o de recepción de información.
- Multiplataforma: Disco se puede instalar fácilmente en Linux, Mac OS X y FreeBSD.

3.2. Elección de la plataforma a usar

Para determinar la plataforma a usar en la propuesta se analizaron las distintas opciones en función de sus ventajas y desventajas, tal como se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Tabla 12. Ventajas y desventajas de plataformas usadas para *big data*

Plataformas	Ventajas	Desventajas
Apache Hadoop	• Código abierto • Sin limitaciones en la entrada de datos • Alta adaptabilidad con otros lenguajes • Alta facilidad de uso y soporte • Almacenamiento de datos mediante sistemas HDFS • Ecosistema con herramientas integradas	• Integración de datos • No se puede acceder con los comandos tradicionales de Linux • Difícil depuración del código MapReduce • Baja latencia en el manejo de archivos HDFS y en Jobs MapReduce
Disco Project	• Notablemente compacto • Adaptable a nuevos entornos • Facilidad para agregar nuevas funciones alrededor de su núcleo • Posee un sistema de almacenamiento de archivos DDFS • Sobrecarga casi nula	• Baja versatilidad • Baja facilidad de uso • Optimización del rendimiento depende de la configuración de los parámetros iniciales asignados • No posee herramientas integradas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla, Hadoop presenta inconvenientes, pues su plataforma no ha sido diseñada específicamente para la integración de datos, que depende de factores como la administración de metadatos, la calidad de los datos y los estilos flexibles de entrega de datos. La latencia se ve afectada tanto en el acceso a datos de los archivos HDFS como en la ejecución de procesos MapReduce. Sin embargo, HDFS proporciona a los usuarios la capacidad de volcar conjuntos de datos muy grandes al sistema de archivos distribuido. Desde aquí, los usuarios pueden acceder fácilmente a los datos utilizando herramientas.

Además de almacenar una gran cantidad de datos, HDFS también es tolerante a fallos y, sin lugar a dudas, se ha convertido en una forma confiable de almacenar datos y compartirlos con otras herramientas de análisis de datos de código abierto. Finalmente, Appache Hadoop dispone de una plataforma con herramientas integradas y fáciles de usar.

Disco Core es notablemente compacto y resulta fácil entender cómo funciona el núcleo. Los usuarios pueden comenzar a experimentar con él o adaptarlo a nuevos entornos. Además, es más fácil agregar nuevas funciones alrededor del núcleo de Disco aprovechando Python, lo que ayuda a garantizar que Disco responda rápidamente a las necesidades del mundo real.

A menudo se trata de decidir si Erlang y Python son más adecuados para la tarea, en comparación con Java. Erlang es completamente compatible con el núcleo Disco, que necesita manejar decenas de miles de tareas en paralelo. Disco fue programado en Erlang, de forma nativa para los *scripts* Map Reduce en Python. Además, funciona desde la documentación más cercana a un entorno privado de Linux y es mucho más fácil de configurar.

Por otro lado, los usuarios pueden ejecutar un clúster de un solo nodo en su ordenador portátil local usando Disco para probar trabajos y enviar datos a DDFS. El marco tiene una sobrecarga casi nula y los usuarios no necesitan ejecutarlo en una máquina virtual.

Sin lugar a dudas, Disco es un marco único y muy innovador. Pero tiene inconvenientes de versatilidad al presentar problemas en la integración con otros marcos de procesamiento distribuido. El segundo aspecto gira en torno a la facilidad de uso; y, como tercer punto, Disco necesita trabajar en el aspecto de la configurabilidad. Los parámetros dados deberán asignarse a la configuración individual para lograr el mayor rendimiento de datos, además de la necesidad de especificar configuraciones completamente nuevas.

En la actualidad Apache Hadoop se ha constituido en el ecosistema libre más propicio y utilizado como herramienta para macrodatos, basándose en elementos principales: un marco de trabajo MapReduce y un sistema de archivos distribuido (HDFS), además de brindar facilidad de uso en la utilización de las herramientas integradas, aspecto determinante para su elección frente a otras herramientas similares.

3.2.1. Herramientas para la obtención de datos

Realizamos una revisión de las herramientas más importantes:

- Kafka: Es una herramienta de mensajería distribuida que permite la publicación y la suscripción. No haremos uso de este programa, ya que no se requerirá un sistema de mensajería en la propuesta.
- Sqoop: Permite incorporar datos SQL, organizados en entidades que tienen un formato definido, hacia Hadoop, permitiendo la incorporación de forma bidireccional. No se va a utilizar en el proyecto, ya que no se desea importar datos desde una base de datos relacional.

- Scribe: Es un repositorio de almacenamiento de datos transmitidos en tiempo real, cuya característica principal es ser escalable, extensible y con alto grado de tolerancia a fallos. Sin embargo, esta herramienta en la actualidad no tiene el soporte adecuado en proyectos de desarrollo.
- Flume: Es un agente que forma parte del ecosistema de Hadoop, cuya funcionalidad primaria y fundamental es la recolección, federación y traslado de gran cantidad de eventos, en los que se incluyen datos provenientes de redes sociales.

De ahí que se seleccione Apache Flume 1.6.0 ya que maneja datos semi-estructurados, como serán los tuits en JSON.

3.2.2. Herramientas para el análisis de datos

Con el fin de seleccionar la opción más adecuada para nuestro estudio, se comparan algunas de las herramientas más utilizadas:

- Cascading: *Framework* de datos basado en procedimientos que admite procesamientos a través de la construcción de flujos de datos en Java, suministrando una librería de operadores o construyendo operadores propios.
- Apache Mahout: Herramienta que contiene algoritmos de aprendizaje automático encauzada a la clasificación, agrupación y sistemas de recomendación, por lo que la hace conveniente para este tipo de análisis.
- Pig: Permite establecer flujos de datos paralelizado sobre Hadoop, usando MapReduce y el lenguaje Pig Latin para el procesamiento y la expresión de estos flujos.

Tanto Pig como Apache Mahout son adecuados para el análisis de los tuits recolectados; sin embargo, mientras que Apache Mahout tiene algoritmos de aprendizaje listos para utilizarlos, en Apache Pig tendríamos que implementar nosotros mismos esos algoritmos, lo que puede resultar bastante complejo, razón por la que se elige Apache Mahout [108].

La versión utilizada de Apache Mahout es 0.11.1.

3.2.3. Herramientas para el almacenamiento de datos

Los archivos de texto que contienen los tuits son almacenados en HDFS; estos archivos contienen información no estructurada en formato JSON, además de los archivos que contienen información de sensores y tráfico vehicular detectado, deben ser procesados, usualmente este procesamiento se realiza por lotes, y los componentes más adecuados para estas actividades son las llamadas bases de datos no relacionales (NoSQL).

Con el fin de seleccionar la opción más adecuada para nuestro estudio, se realiza una comparación entre las herramientas más comunes para este propósito:

- ElephantDB y VoldemortDB: Una desventaja de estas herramientas es la imposibilidad de almacenar información preprocesada por Pig.
- Riak: Baja integración con Pig.
- MongoDB: Esta herramienta no se ajustaría bien a la arquitectura elegida.
- Cassandra: Es una base de datos NoSQL cuya principal característica es la optimización de escrituras. Cabe mencionar que esta herramienta forma parte de Apache Pig.
- HBase. Permite realizar lecturas y escrituras masivas de Pig a HBase.

Así, se concluye que las herramientas Cassandra y HBase son apropiadas para nuestro propósito; sin embargo, por la naturaleza de nuestro trabajo, se ha escogido HBase pues se prioriza la optimización de lecturas sobre las escrituras [109].

La versión utilizada de Apache HBase es 1.0.

3.3. Arquitectura de la aplicación

Tras el análisis de las herramientas mencionadas en el apartado anterior, se plantea la arquitectura.

En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se muestra la arquitectura e integración de las fases del *software* informático de apoyo a la toma de decisiones en la congestión vehicular.

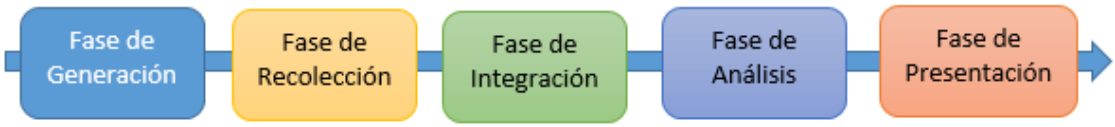


Figura 6. Flujo de información del sistema

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1. Fase de Generación

Esta fase se contempla como una entrada externa importante para la aplicación, pues aquí se generan los datos que posteriormente servirán de entrada, que alimentarán el proceso principal de nuestra aplicación. Las fuentes generadoras de información se dividen en:

Primarias

Red Social Twitter. Para la recolección de tuits se creó la etiqueta #TraficoUIO y se utilizaron las siguientes palabras clave: *atasco*, *embotellamiento*, *tránsito*, *circulación*, *congestión*, *atascamiento*, *tráfico*. También se utilizaron las siguientes etiquetas creadas por el CGM: #MovilidadUIO, #ViasAlternasUIO, #RadaresUIO.

Las etiquetas y las palabras clave son fundamentales para que el agente Apache Flume recolecte todos los tuits en los cuales se menciona alguno de los dos elementos anteriormente descritos.

Sensores de volumen de tráfico. Ubicados en ciertas intersecciones consideradas conflictivas para la congestión vehicular. La información generada por estos dispositivos corresponde a la cantidad de coches que están circulando a una distancia promedio de tres metros, a partir de la ubicación del sensor instalado hacia adelante.

Secundarias

Registros obtenidos mediante reportes generados por agentes de tráfico y administrados por el Centro de Gestión de Movilidad.

3.3.2. Fase de Recolección

Red Social Twitter

Para determinar la existencia de tuits relacionados con el tráfico en la ciudad y su localización, el sistema de información hace uso de la API de Twitter.

Uso de la API de Twitter

Una utilidad muy importante que Twitter ofrece hace referencia a poder utilizar una API funcional, lo que permitirá que las personas puedan extender las características de Twitter, además de permitir desarrollar aplicaciones para enviar y compartir tuits sin estar obligados a utilizar su sitio oficial. Aprovechando esta ventaja funcional, el sistema de información desarrollado utiliza esta herramienta para almacenar y procesar tuits relacionados con eventos de congestión vehicular.

Con la librería se ha creado una aplicación en la *web* de Twitter Developers, realizando la identificación con la cuenta propia de Twitter y el registro correspondiente de los campos solicitados. Con la aplicación creada se tiene acceso a los *consumer key* y *access token*, necesarios para la conexión segura de Twitter.

La aplicación se ha habilitado para la lectura de tuits, sin embargo permite la publicación de tuits en caso de ser requerido, para lo cual se habilita la escritura en las opciones que presenta.

Configuración de la etiqueta #TraficoUIO

Con la finalidad de recolectar y filtrar información relacionada con la congestión del tráfico vehicular en el distrito metropolitano de Quito, se creó la etiqueta[5] ***#TraficoUIO*.**

Se recolectaron todos los tuits asociados a la etiqueta antes mencionada. Hay que considerar que, si Twitter se está utilizando en el teléfono inteligente o tableta, es necesario que el GPS este activado, si bien en la mayor parte de casos está activado por defecto.

[5] La etiqueta tiene como objetivo agrupar tuits que hablen de un mismo tema y facilitar la búsqueda de información.

A continuación se detalla un ejemplo generado para validar la ubicación del tuit:


```
"geo": {
        "type": "Point",
        "coordinates": [38.9069,-6.33876]
        },
        "coordinates": {
                    "type": "Point",
                    "coordinates": [-6.33876,
                    38.9069]
                    },
        "place": {
                "id": "6d564e12cf533f7a","url":                    "https:\\api.Tuitter
                .com\/1.1\/geo\/id\/6d564e12cf533f7a.json",
                    "place_type": "city",
                    "name": "Quito",
                        "full_name":"Quito, Pichincha",
                        "country_code": "EC",
                        "country": "Ecuador",
                        "contained_within": [],
                        "bounding_box": {
                            "type": "Polygon",
                         "coordinates": [[[-6.6568728,
                         38.7268887],
                         [-6.1404139,
                         39.1814719],
                         [-6.6568728,
                         39.1814719]]]
                        }
```


La información procedente de las redes sociales se recopilará con la herramienta Apache Flume. Esta herramienta es de gran utilidad, pues permite recolectar y almacenar los tuits generados por las etiquetas y las palabras clave en el sistema de archivos distribuidos Hadoop de Apache.

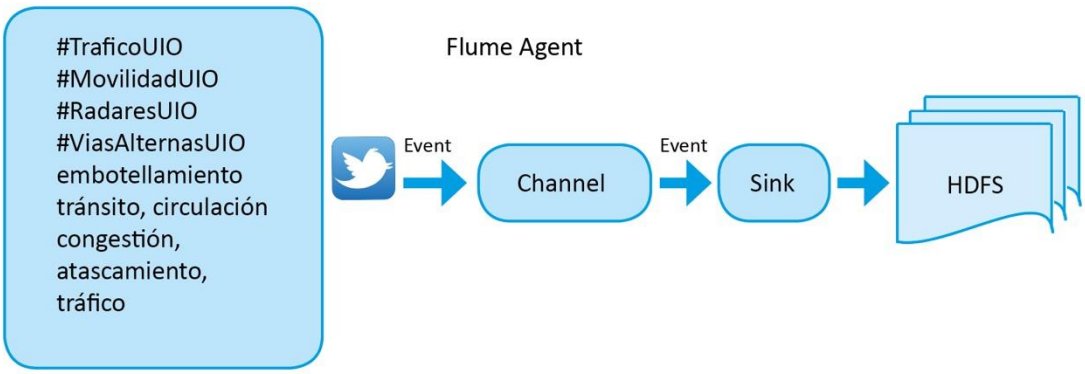


Figura 7. Recolección de datos Apache Flume

Fuente: Elaboración propia.

Todos los componentes del agente se ejecutan en un proceso Java que se encarga de almacenar los demás componentes de Flume, que son configurados para recolectar y almacenar tuits. Toda la información que fluye por el agente se denomina *event,* que representa la carga útil básica transportada por Flume. Este evento generalmente se compone de cero o más cabeceras y un cuerpo, que son opcionales e indican decisiones de enrutamiento u otra información estructurada.

El *source* es el origen del que se extraen los datos; para nuestro estudio se encargará de recoger los mensajes que generan los tuits de forma permanente, para lo cual se requiere la configuración en los mensajes de texto de ciertos parámetros, como la ubicación o algún texto clave que permita realizar esta recolección.

El área en la que esperan los eventos al salir del *source* se denomina *channel*. Es un almacenamiento temporal para que el componente anterior, *source*, y el siguiente, *sink*, puedan funcionar asíncronamente. Hay dos tipos: en memoria, que implica que los eventos se almacenan en la memoria principal haciéndola más rápida que un disco; y en archivos, que es más lento, pero proporciona un almacenamiento más duradero. Para el presente estudio se utilizan *memory channels.*

Finalmente, el *sink* es el componente que recibe los eventos del *channel*. El trabajo de un *sink* consiste en la apertura continua del archivo HDFS de Hadoop, para luego transferir los datos recolectados y finalmente cerrar el archivo. El tamaño de los archivos HDFS dependerá del periodo de tiempo en el cual se necesita recolectar los datos.

Configuración

La ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. muestra la configuración realizada en el agente Flume para la recolección de tuits.

flume.conf ×

```
TwitterAgent.sources= Twitter
TwitterAgent.channels= MemChannel
TwitterAgent.sinks=HDFS
TwitterAgent.sources.Twitter.type = org.apache.flume.source.twitter.TwitterSource
TwitterAgent.sources.Twitter.channels=MemChannel

TwitterAgent.sources.Twitter.consumerKey=zT8KGtxfN0gLcx0YwkfYv3MYp
TwitterAgent.sources.Twitter.consumerSecret=Y4vmTNqPi5bpIjISCGiQtVfKEAUQyp6Tjr2ZcbpsGz6PIG37ZF
TwitterAgent.sources.Twitter.accessToken=306491885-P34Yts5W0CeUIGho9LzHyaDULqHnEJ8ZfZGDFtPf
TwitterAgent.sources.Twitter.accessTokenSecret=7J1kXHebdSSQz37k3YKchOuFO06LF54X8wJIiBoDofkTv

TwitterAgent.sources.Twitter.keywords= atasco,embotellamiento,transito,circulacion,
congestion,atascamiento,trafico,#traficoUIO,#MovilidadUIO,#ViasAlternasUIO,#RadaresUIO

TwitterAgent.sources.Twitter.locations=-92.68,-5.01,-75.19,-2.34

TwitterAgent.sinks.HDFS.channel=MemChannel
TwitterAgent.sinks.HDFS.type=hdfs
TwitterAgent.sinks.HDFS.hdfs.path=hdfs://localhost:54310/user/hduser/flume/tweets
TwitterAgent.sinks.HDFS.hdfs.fileType=DataStream
TwitterAgent.sinks.HDFS.hdfs.writeformat=Text
TwitterAgent.sinks.HDFS.hdfs.batchSize=1000
TwitterAgent.sinks.HDFS.hdfs.rollSize=0
TwitterAgent.sinks.HDFS.hdfs.rollCount=10000
TwitterAgent.sinks.HDFS.hdfs.rollInterval=600
TwitterAgent.channels.MemChannel.type=memory
TwitterAgent.channels.MemChannel.capacity=10000
TwitterAgent.channels.MemChannel.transactionCapacity=100
```

Figura 8. Configuración de la aplicación mediante Apache Flume

Para tener acceso a los datos de Twitter es necesario crear una aplicación de desarrollador a partir de un usuario específico de la red social. Esta aplicación entrega al desarrollador cuatro claves secretas que serán necesarias en la configuración del agente para permitir dicho acceso (*consumer key*, *consumer secret*, *acces token* y *acces token secret*). En esta esta configuración se establecen además los criterios de búsqueda que son necesarios para lo que se necesite recolectar. Por ejemplo, para el presente caso de estudio hay que configurar las coordenadas geográficas que limiten el territorio de recolección, así como palabras clave y etiquetas que filtren la cantidad de datos generados en la red social Twitter.

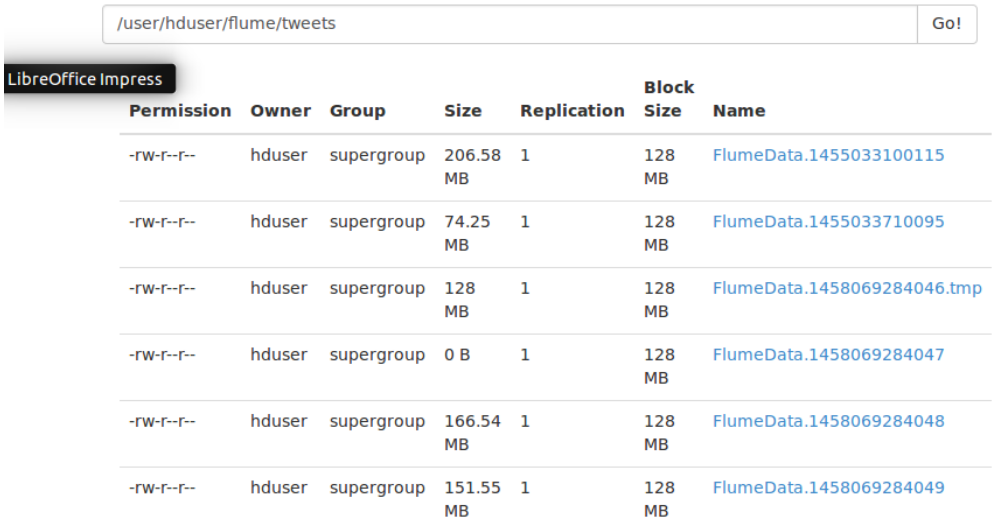
Por último, es necesario definir las características de los archivos en donde se almacena la información. Los archivos que se encargarán de almacenar lo recolectado son archivos HDFS, por tanto, se debe especificar la ruta de destino, entre otros parámetros.

Almacenamiento de tuits

Como se mencionó anteriormente, para el almacenamiento de tuits se utiliza un sistema de archivos distribuidos (HDFS) del ecosistema Hadoop.

Este sistema de archivos no es transparente, ya que no se puede apreciar cómo almacena los tuits ni los módulos que crea. Sin embargo, se conoce cómo es el sistema en sí, tiene un nodo padre y varios nodos hijos que almacenan los archivos en partes, de tal manera que cada parte será asignada a un nodo diferente, gestionado por el nodo padre.

Se puede acceder a los archivos que se encuentran almacenados en la ruta especificada en la configuración del agente Flume, a través del navegador, tal como se muestra a continuación.



Permission	Owner	Group	Size	Replication	Block Size	Name
-rw-r--r--	hduser	supergroup	206.58 MB	1	128 MB	FlumeData.1455033100115
-rw-r--r--	hduser	supergroup	74.25 MB	1	128 MB	FlumeData.1455033710095
-rw-r--r--	hduser	supergroup	128 MB	1	128 MB	FlumeData.1458069284046.tmp
-rw-r--r--	hduser	supergroup	0 B	1	128 MB	FlumeData.1458069284047
-rw-r--r--	hduser	supergroup	166.54 MB	1	128 MB	FlumeData.1458069284048
-rw-r--r--	hduser	supergroup	151.55 MB	1	128 MB	FlumeData.1458069284049

Figura 9. Archivos generados durante la ejecución del agente Flume

Para trabajar con estos archivos, como se indicó anteriormente, solo es necesario acceder a través de la ruta en la cual están almacenados; Hadoop se basa en los comandos básicos de Linux para el tratamiento de archivos.

Sensores de flujo vehicular

El segundo componente importante está relacionado con la información recolectada por los sensores que alimentan el sistema de registro vehicular, manejado por el Centro de Gestión de la Movilidad (CGM) de la ciudad de Quito. En él se registra la carga vehicular existente en determinadas intersecciones de la ciudad consideradas conflictivas.

Para obtener la información relacionada con este componente, se realizaron varias entrevistas con autoridades del CGM de Quito, obteniéndose dos elementos importantes: cálculos de vehículos y georreferenciación de los sensores.

La información generada es almacenada en un protocolo de transferencia de archivos (FTP) de la entidad anteriormente mencionada en formato xlsx. Estos archivos describen información relacionada con puntos georreferenciales, los campos que contiene el archivo se detallan a continuación.

- *Cruce*: nomenclatura del CGM maneja para identificar las intersecciones en las cuales existe un sensor.
- *Intersección:* lugar o cruce en el que se detectó cierta congestión vehicular.
- *Coordenadas*: punto geoespacial en el distrito metropolitano de Quito donde está instalado un sensor.
- *Fecha*: día en en el que se recogen situaciones de congestión vehicular.
- *Hora*: en la que se registra la situación de congestión vehicular.

Tabla 13. Estructura de información generada por sensores

Cruce	Intersección	Coordenadas	Fecha	Hora
072-0	Av. Simón Bolívar y de las Azucenas	-0.162947, -78.462715	15/04/2017	15:10:01
073-0	Av. Amagasi del Inca y De los Guayacanes	-0.140352, -78.466298	25/01/2018	09:00:45

- **Reportes generados por agentes de tráfico**

Mediante trabajo de campo, los agentes de tráfico, distribuidos por todas las intersecciones de la ciudad, registran electrónicamente los eventos de tráfico vehicular en cada lugar. Se puede apreciar a continuación la estructura de la información que es recolectada.

- *Cruce*: término con que el CGM identifica las intersecciones en las que existe un sensor.
- *Intersección*: cruce donde se detectó cierta congestión vehicular.
- *Coordenadas*: punto geoespacial donde se ha detectado una situación de congestión.
- *Fecha*: día en que se recogen situaciones de congestión vehicular.

- *Hora*: momento en que se produce la situación de congestión vehicular.

Cruce	Intersección	Coordenadas	Fecha	Hora
065-0	Av. Amazonas y Alfonso Pereira	-0.171624, -78.484745	15/04/2017	08:15:09
052-0	Av. Atahualpa y Av. de la República	-0.183042, -78.489558	25/01/2018	18:30:50

Tabla 14. Estructura de información que presentan los registros

La información recolectada por las diferentes fuentes descritas en este apartado son posteriormente transferidas a un gran almacén de datos creado para el presente estudio, como se describe en la siguiente fase.

3.3.3. Fase de Integración

La información proveniente tanto de la red social Twitter como la de los sensores será integrada en un único repositorio creado en la base de datos distribuida no relacional Apache HBase, cuya configuración detallamos a continuación:

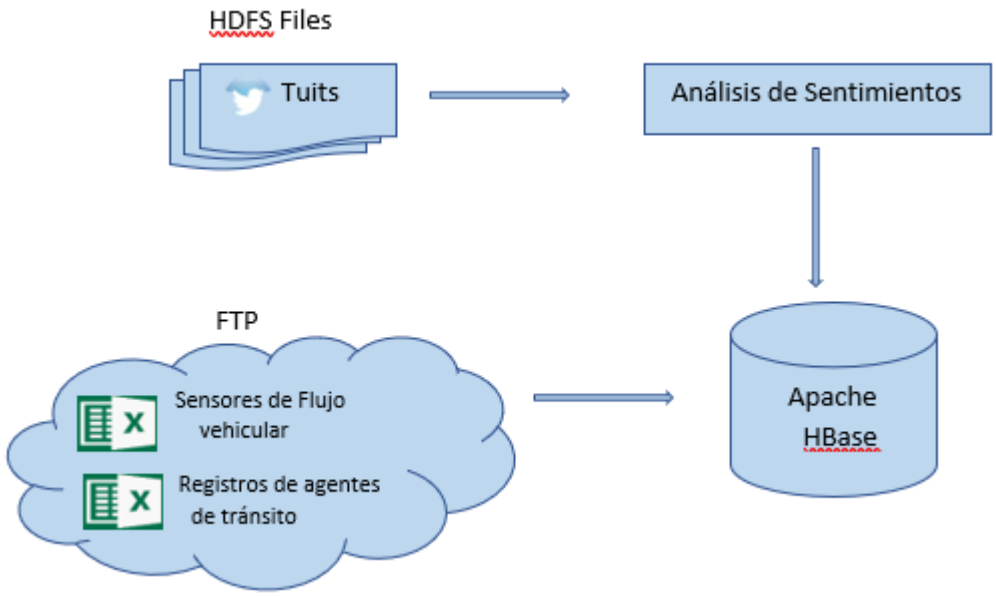


Figura 10. Arquitectura de integración de información

Fuente: Elaboración propia.

Información de tuits

Para cargar la información de tuits filtrados se utiliza el siguiente procedimiento:

a) Crear la tabla en Apache HBase. En HBase las tablas se basan en dos valores, el nombre de la tabla y las familias de columnas: *create* '<*table name*>', '<*column family*>' Para el presente estudio, se crea la tabla "Tweets*"*, con los campos: 'intersección', 'coordenadas', 'hora', 'día'.

b) Utilizar la herramienta ImportTsv, para cargar los datos de HDFS a HBase.
   Se ejecuta el siguiente comando para trasladar el archivo de tuits al repositorio: bin/hbase org.apache.hadoop.hbase.mapreduce.ImportTsv -Dimporttsv.separator="," -Dimporttsv.bulk.output=hfile_tmp5 -Dimporttsv.columns=HBASE_ROW_KEY,cf hbase-**"Tweets",**/user/hadoop/**FlumeData.1455033710095**.txt.
   Donde "Tweets", es la tabla a la cual migran los tuits recolectados y FlumeData.1455033710095 es el archivo que contiene los tuits; este comando es ejecutado por el proceso MapReduce.

Tras el proceso descrito, la información de los tuits se ha incorporado al repositorio Apache HBase.

Información de sensores

La información proporcionada por el CGM es colocada en un FTP (ftp:\\UIO\CGM\Tránsito) en formato Excel, esta es incorporada al repositorio en donde está la información depurada de los tuits, para lo cual se utiliza el componente Excel Add-in para HBase, que se debe habilitar en los archivos depositados.

Para insertar los datos del Excel en el repositorio HBase, se debe establecer la conexión mediante el Excel Add-in instalado, para seleccionar posteriormente la tabla 'Tuits', donde vamos a exportar la información del Excel.

Después de haber seleccionado la tabla de HBase (Tabla 'Tuits' creada en Apache HBase), debemos seleccionar las filas que se quieren recuperar; para el caso de este estudio, solo

se debe recuperar una fila para poder insertar, este procedimiento siempre se realiza cuando se requiere insertar filas en el repositorio HBase.

Una vez integrada toda la información útil para el estudio, se debe contrastar para verificar su utilidad en la detección de incidentes de congestión vehicular.

3.3.4. Fase de Análisis

La información de tuits recolectada y almacenada temporalmente en los archivos HDFS debe ser filtrada mediante técnicas como la de minería de opinión (análisis de sentimientos), antes de trasladarla finalmente al repositorio Apache HBase. Para ello se utiliza la herramienta del ecosistema Hadoop: Apache Mahout, que en esencia es una biblioteca de Java y por ende no provee una interfaz de usuario o un instalador, sino más bien es un conjunto de herramientas. Los algoritmos con los que trabaja Apache Mahout se enfocan principalmente en tres áreas: sistemas de recomendación, agrupación y clasificación. [114]

La presente investigación centra sus estudios en los sistemas de clasificación, que son una forma de aprendizaje automatizado que utiliza algoritmos que permiten a las computadoras aprender y tomar decisiones en base a la experiencia.

Análisis de sentimientos

El análisis del sentimiento, también conocido como minería de opinión, es el campo de estudio que se dedica a analizar las opiniones, sentimientos, evaluaciones, apreciaciones, actitudes y emociones de las personas respecto a entidades[6].

Para el análisis de los tuits recolectados se procede a utilizar técnicas de minería de datos[7] (*data mining*); en concreto, se utilizan modelos matemáticos de aprendizaje supervisado.

Los algoritmos de análisis de sentimientos se basan, en general, en tres momentos vitales. En primer lugar, se construye un corpus, se extraen y seleccionan características y,

[6] *Entidad* es el nombre que se utiliza para referirse al objetivo de opinión. Por ejemplo, en la frase «la ciudad es muy hermosa», la entidad es «la ciudad».

[7] La minería de datos es un campo de la estadística y las ciencias de la computación referido al proceso que intenta descubrir patrones en grandes volúmenes de conjuntos de datos.

finalmente, se aplica un modelo que permite la clasificación de los datos recogidos (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

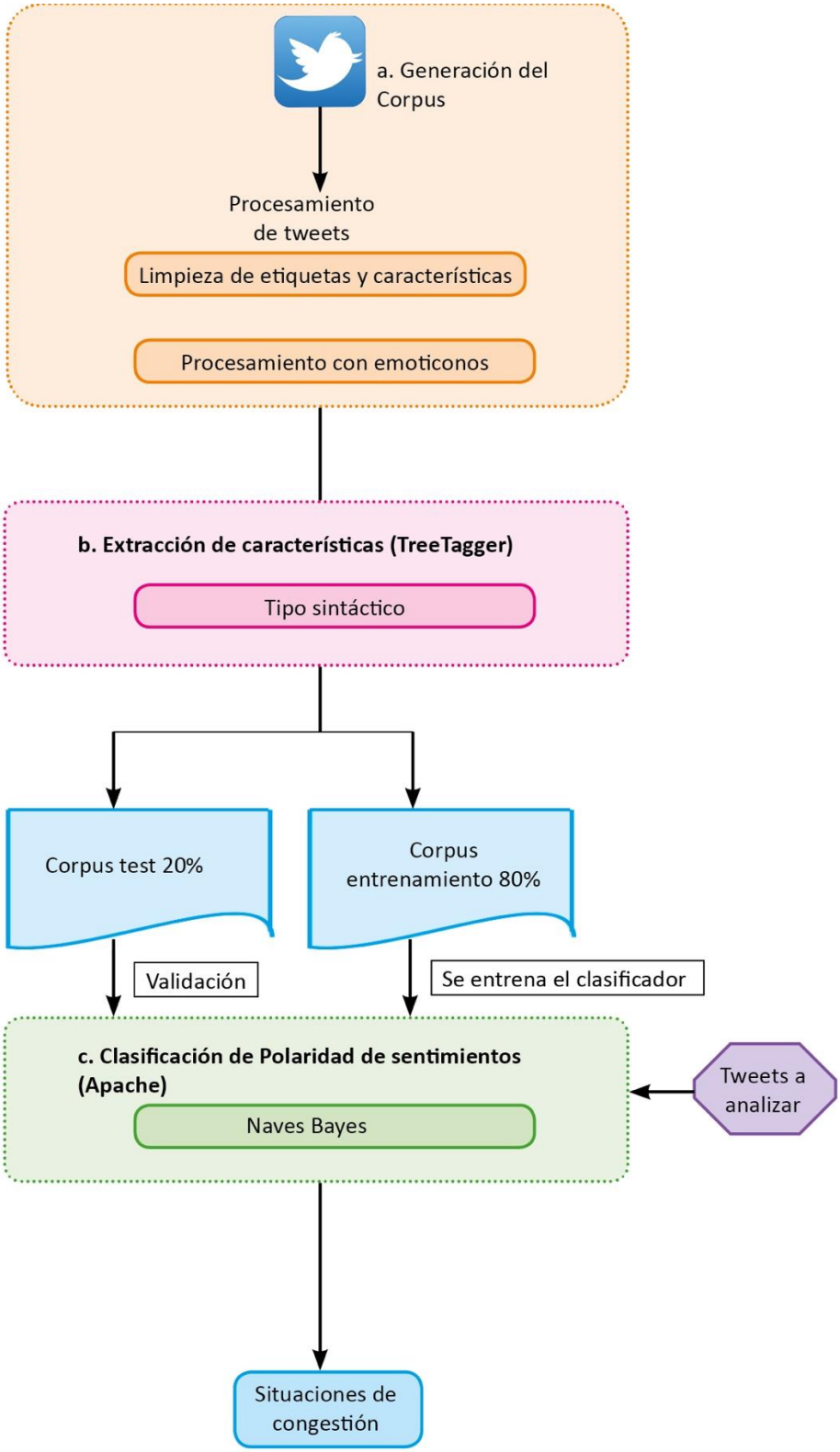


Figura 11. Fases de análisis de sentimientos

a) Generación del corpus

Un *corpus* es un conjunto de textos que son habitualmente guardados y procesados por computadores y usados con fines estadísticos para contrastar hipótesis y validar así reglas lingüísticas. En el análisis de sentimientos, forma parte esencial de las aplicaciones y su desempeño, debido a que los textos contenidos en el corpus conforman los datos de entrenamiento para los algoritmos de aprendizajes que se utilizarán.

Para los algoritmos de aprendizaje supervisado y categorización de clases se deben construir corpus que representen fehacientemente cada una de las clases para que, una vez extraídas las propiedades de los textos contenidos en cada una de ellas, el algoritmo sea capaz de clasificar apropiadamente textos nuevos que no han sido procesados con anterioridad. Como la tarea de análisis de sentimientos en Twitter contempla la categorización de comentarios en positivos, negativos y neutros, entre otros, se hace necesaria la elaboración de un corpus por cada una de estas clases.

Con los tuits recolectados mediante la herramienta Apache Flume se conformó un *conjunto de corpus* de tuits con datos de tres clases de sentimientos, positivos, negativos y neutros. Para esto se utilizará un procedimiento que consiste en la recolección de tuits con emoticonos[8] polares [111], teniendo en cuenta que un emoticono polar tiene una alta correlación con la polaridad del texto que lo contiene. Finalmente, el corpus está compuesto por los 107 478 mensajes de tuits recolectados. La información que incluye el corpus en cada mensaje se detalla a continuación:

- ID en la red social Twitter
- Nombre de usuario que publica el mensaje
- Fecha y hora
- Polaridad global del tuit
- La polaridad de las entidades nombradas en el tuit, en caso de haberlas

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el formato en el que se distribuye el corpus y su correspondiente estructura:

[8] Un emoticono es una secuencia de caracteres ASCII que, en un principio, representaba una cara humana y expresaba una emoción. Posteriormente, fueron creándose otros emoticonos con significados muy diversos.

```
<tweet>
        <tweetid>576691364486234886</tweetid>
        <user>@elizabe35661519</user>
        <content> #LargateRodas accidente d tránsito gracias al pésimo estado d la Simón Bolívar inepto
         Rodas atende @MauricioRodasEC ht...    </content>
         <date>Tue May 26 12:57:45 +0000 2017</date>
         <lang>es</lang>
      <sentiments>
            <polarity>
                  <value>N </value >
                   <type> DISAGREEMENT </type>
            </polarity >
            <polarity>
                   <entity>Twetter </entity>
                  <value>N</ value >
                   <type> DISAGREEMENT</type >
            </polarity>
       </sentiments>
      <topics>
        <topic>tráfico</topic>
      </topics>
</tweet>
```

Figura 12. Tuit extraído del corpus

Se utilizó un listado de emoticonos con 123 líneas, acompañado de una leyenda que indica si la expresión refleja una emoción positiva, negativa o neutra. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra un fragmento del contenido del archivo:

Tabla 15. Muestra de archivo de emoticonos

:=&	N
(:|;)-*(\))+	P
(:|;)-*	P
(:|;)-D	P
=P	P
:-(S)+	N
:-\\	N

Fuente: [112]

Finalmente, el conjunto de corpus creado se utiliza como una base de datos a partir de la cual se clasificarán los tuits recolectados.

b) Extracción de características

La extracción de los patrones de los datos es una de las tareas más complejas ya que en base a estos patrones se entrenan los algoritmos que posteriormente realizarán la clasificación. Existen 4 categorías de características ampliamente usadas en trabajos previos, como son las de tipo sintáctico, semántico, de estilo y basado en enlaces. Entre estas características, las más utilizadas son las semánticas y sintácticas para la tarea de análisis de sentimientos [111].

El enfoque abordado para la extracción de características en este trabajo considera el uso de características del tipo sintáctico, que son más genéricas y aplicables a cualquier tipo de textos.

En particular se utilizará TreeTagger para las tareas de anotación de los datos y obtener los POS tags [9] —etiquetado gramatical— presentes en los tuits. TreeTagger es una herramienta para anotar texto que permite realizar un análisis morfosintáctico desarrollada en Python y que se integra fácilmente con Apache Hadoop.

En este trabajo el enfoque está en la utilización de unigramas[10] de palabras juntamente con los POS tags extraídos de las oraciones, en donde además se consideran las etiquetas de signos de puntuación. El proceso para obtener los unigramas desde los comentarios de Twitter se realiza de la siguiente manera:

- Filtrado: Se filtran caracteres especiales de los tuits recolectados (i. e. @menciones, #etiquetas, Url y retuits) y son reemplazadas colocando en su lugar los siguientes símbolos, respectivamente: [@], [#], [U], [RTs]. Además, los emoticonos también fueron eliminados, de tal forma que el modelo generado no dependa de ellos, al constituir, precisamente, el criterio para la conformación de los corpus positivo y negativo.
- Tokenización: Los criterios de tokenización consisten en separar los *strings* o comentarios a partir de los espacios y signos de puntuación.
- Eliminación de palabras vacías: Se utilizó un listado de *stopwords* o palabras vacías obtenido de [113] para filtrar de los *tokens* todos aquellos que ya estén contenidos en este. Para extraer las características de los POS tags, se utilizó el

[9] Es el proceso de asignar (o etiquetar) a cada una de las palabras de un texto su categoría gramatical.

[10] Un 1-grama, unigrama o *unigram* es una subsecuencia de un elemento de una secuencia dada.

programa TreeTagger que, para cada frase procesada, devuelve un listado de las palabras contenidas con su POS tag asociado. Por otro lado, las etiquetas, Url y retuits fueron filtrados antes de someterlos al etiquetado gramatical.

c) Clasificación de polaridad de sentimientos

Las técnicas más usadas para la detección de polaridad de sentimientos pueden ser clasificadas en tres categorías. Muchos estudios se han enfocado en el uso de algoritmos de aprendizaje automático: máquinas de soporte vectorial, máxima entropía y clasificadores bayesianos, uno de los métodos más utilizados en este contexto, utilizado en este trabajo por su probada eficacia para la clasificación de sentimientos en Twitter [114].

Para la clasificación de los tuits, el corpus construido fue dividido en dos conjuntos: uno de validación o test, que fue del 20 % del total, y otro de entrenamiento que corresponde al 80 % restante.

El clasificador bayesiano ingenuo está basado en el teorema de Bayes y se representa a través de la siguiente expresión [115]:

$$P(c/F) = \frac{P(c)P(F/c)}{P(F)} (1)$$

La expresión matemática (1), dermina la probabilidad de ocurrencia de una palabra, dada una cierta clase, la cual es extraída directamente de la serie de entrenamiento, tal como se explicó anteriormente, donde las clases ya están determinadas y, basándose en la frecuencia de las palabras, se puede obtener la probabilidad correspondiente. En este caso, se asume que la probabilidad de que ocurra una palabra es independiente de otra, de manera que sea más simple realizar el cálculo, con lo cual $P(c/F)$ es simplemente un factor de normalización. Si bien esta es una asunción arriesgada, los resultados obtenidos son buenos, superando el 65 % de certeza en la mayoría de los casos al ocupar 2 categorías de clasificación (a favor y en contra).

Finalmente, en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se muestra el algoritmo en ejecución donde se puede observar la cantidad de procesamientos realizados.

```
16/04/22 12:13:13 INFO mapreduce.Job: The url to track the job: http://quicksta
rt.cloudera:8088/proxy/application_1461016490465_004/
16/04/22 12:13:13 INFO mapeduce.Job:    Running job: job_1461016490465_0014
16/04/22 12:14:10 INFO mapeduce.Job:    Job: job_1461016490465_0014 running in uber mode  :  false
16/04/22 12:14:10 INFO mapeduce.Job:    map 0% reduce 0%
16/04/22 12:17:52 INFO mapeduce.Job:    map 17% reduce 0%
16/04/22 12:17:55 INFO mapeduce.Job:    map 67% reduce 0%
16/04/22 12:17:57 INFO mapeduce.Job:    map 92% reduce 0%
16/04/22 12:18:09 INFO mapeduce.Job:    map 100% reduce 0%
16/04/22 12:19:19 INFO mapeduce.Job:    map 100% reduce 67%
16/04/22 12:19:23 INFO mapeduce.Job:    map 100% reduce 80%
16/04/22 12:19:27 INFO mapeduce.Job:    map 100% reduce 100%
16/04/22 12:19:34 INFO mapeduce.Job:    Job  job_1461016490465_0014 completed sucessfully
```

Figura 13. Algoritmo Análisis de Sentimiento en funcionamiento

Tras la ejecución del algoritmo se pueden verificar las frecuencias de las palabras en archivos dentro del sistema HDFS, y por consola (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) se visualiza el coeficiente final calculado, que para nuestro caso de estudio es del 80 % de negatividad. Esto indicaría que el 80 % de las opiniones volcadas en Twitter sobre la congestión vehicular en la ciudad de Quito han sido negativas, es decir, están asociadas a problemas de congestión, y el 20 % han sido opiniones positivas.

```
***************

Sentimental score = ( 56158  - 90443 )  / ( 56158 + 90443 )

Sentimental score = -0.23386607


Positivity score = 56158 / ( 56158  +  90443 )

Positivity score = 20%

*****************
```

Figura 14. Resultado de la ejecución del algoritmo Análisis de Sentimiento

Tras haber realizado los procedimientos de análisis mencionados, en donde de un total de 107 478 tuits recolectados inicialmente, se redujo la cantidad a 85 983 tuits resultantes, que serán utilizados para la correlación con la información de sensores de tráfico y de los registros de agentes de movilidad.

3.3.5. Fase de Presentación

Finalmente, con los datos almacenados y su procesamiento, el sistema presenta información gráficamente, mediante la aplicación CartoDB, que es un servicio integrado

con Apache Hadoop, debido a que toma la información directamente de HBase/Hadoop y la representa de manera espacial. La información representada muestra la base de datos tanto de los lugares donde existe un sensor en Quito, como la base de datos de tuits que indican la existencia de tráfico en la ciudad. Esta herramienta *web* permite apreciar cartográficamente los resultados del análisis y representa zonas de congestión vehicular. La ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. muestra la arquitectura de la herramienta CartoDB.

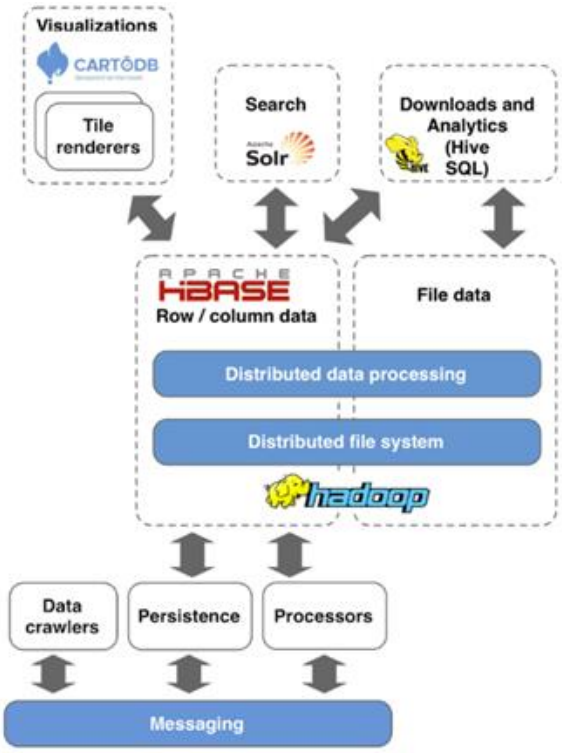


Figura 15. Arquitectura CartoDB

Despliegue de información

El despliegue contempla tres partes centrales, que son:

1. Inclusión de datos de los sensores y presentación de los lugares de mayor tráfico en la ciudad, considerando los datos de los sensores de que dispone el municipio de Quito. Los sensores están ubicados en lugares estratégicos donde se requiere medición de tráfico a lo largo de la ciudad de acuerdo con los criterios de la administración municipal.

2. Presentación en tiempo real de los tuits que se han generado en la ciudad con la indicación a través de Twitter de tráfico en algún lugar tomando la ubicación del tuit. Sin embargo, la principal función es presentar en tiempo real el tráfico en la ciudad.
3. Análisis de resultados mediante reportes tanto gráficos como analíticos de los diferentes ámbitos de análisis de tráfico en la ciudad en base a los tuits cargados en la base de datos.

De esta manera, la información recopilada por la aplicación que previamente se presentó permitirá procesar y presentar lo siguiente:

- Gráficos espaciales y tablas estadísticas que muestran las situaciones de congestión vehicular detectadas por los sensores de flujo vehicular y los tuits, segmentada por parroquias, intersecciones, días de la semana y horas del día.
- Gráficos espaciales y tablas estadísticas que muestran la cobertura de tuits en lugares donde no existen sensores de flujo vehicular, segmentadas por: parroquias, intersecciones, días de la semana y horas del día.
- Gráficos de correlación entre las situaciones de congestión detectadas por los tuits y la información de tráfico vehicular proveniente de los sensores entregada por el Centro de Gestión de Movilidad de Quito.

De la información obtenida por la municipalidad de Quito, actualmente los sensores generan la base de datos de información, la misma que se ha observado y permite tomar decisiones acerca del tráfico; sin embargo, actualmente esta entidad no dispone de una aplicación que permita observar en tiempo real el tráfico de la ciudad.

La aplicación desarrollada permite, a través de los tuits, disponer de información inmediata del tráfico existente en la ciudad, presentando lugares donde al momento la población menciona mediante un mensaje la posible existencia de tráfico, con una actualización de cada 5 minutos, aunque la alerta de tráfico se mantiene por un periodo de 30 minutos, lo cual permite observar y tomar decisiones de forma inmediata frente a situaciones de congestión vehicular.

Así, la aplicación se ha programado para cumplir con estos objetivos, existiendo, claro está, muchos otros aspectos que pueden ser incluidos, de acuerdo a las necesidades de la

ciudad y sus proyectos; sin embargo el alcance de este estudio ha permitido obtener y analizar la información indicada realizando así una importante aportación al establecer información inicial exploratoria de una aplicación nueva que puede traer beneficios para la toma de decisiones en la ciudad.

4. Resultados objetivo 4

En referencia al objetivo 4 se evaluará la eficiencia del sistema de información desarrollado en la detección de situaciones de congestión vehicular en la ciudad de Quito, tanto en intersecciones que tienen sensores de tráfico, como en aquellas que no cuentan con esta tecnología.

La información de que dispone la ciudad de Quito, recopilada a través de los sensores de flujo vehicular y de los registros obtenidos a través de los reportes de los agentes de movilidad, integrada y procesada con la información de la red social Twitter, tal como se detalló en capítulos anteriores, debe ser analizada con el fin de determinar situaciones de congestión que permitan tomar decisiones en este campo, objetivo principal de nuestro trabajo.

El estudio se realizó en tres periodos: la primera fase del estudio fue realizada entre abril y diciembre de 2016; el segundo periodo de recolección tuvo lugar entre el primer semestre de abril a junio de 2017. Por último, el tercer periodo de recolección comprende enero y marzo de 2018. Producto de esta recolección de datos y tras el análisis de sensibilidad, se obtuvo un total de 85 983 tuits con información sobre tráfico en la ciudad, discriminando tanto la existencia de congestión como su ubicación.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra un resumen de la información obtenida por las dos principales fuentes de datos utilizadas en el presente estudio: sensores de flujo vehicular, registros obtenidos a través de los reportes de los agentes de tráfico y tuits. En ella se observa que el total de tuits sobre tráfico obtenidos es de 85 983, de los cuales 80 360 tuits se generaron en intersecciones en donde existen sensores de volumen de tráfico instalados y un total de 5623 tuits generados en intersecciones que no tienen sensores de volumen de tráfico.

Por otra parte, la columna «Situaciones de congestión» muestra el número de situaciones de congestión vehicular detectada por los sensores, que se complementa con la columna «Número de tuits», que muestra la cantidad de tuits que reportan una situación de congestión vehicular. Así, se puede mencionar que 11 427 situaciones de congestión no fueron detectadas por ningún tuit. De la misma manera, se puede apreciar que dos tuits, por ejemplo, reportaron cada una de las 8952 situaciones de congestión vehicular, obteniéndose un total de 17 904 tuits asociados a los casos de congestión mencionados. Finalmente podemos mencionar que se determinaron un total de 68 305 casos de congestión vehicular, de los cuales 50 613 fueron cubiertos por los tuits en sitios donde están instalados sensores de volumen de tráfico y 5623 en sitios donde no están instalados dichos sensores.

Tabla 16. Distribución de tuits sobre tráfico vehicular

	Número de tuits	Situaciones de congestión	Total de tuits
Intersección con sensores de flujo vehicular	0	11 427	0
	1	33 155	33 155
	2	8952	17 904
	3	4723	14 169
	4	3783	15 132
		62 040	**80 360**
Intersección sin sensores de flujo vehicular	0	442	0
	1	5623	5623
		6065	**5623**
Total		**68 105**	**85 983**

4.1. Análisis de la información del tráfico obtenida a través de los sensores de flujo vehicular de la ciudad de Quito

En este epígrafe se presenta gráficamente información de situaciones de congestión vehicular detectadas por los sensores, considerando diferentes segmentos: por horas, por días de la semana, por sectores y por intersecciones.

a) Intersección y día de la semana

El **Gráfico 7** muestra la distribución de los 62 040 casos de congestión vehicular por intersección, distribuidos entre todos los días de la semana. Se puede mencionar que

existe mayor congestión vehicular los lunes y viernes en intersecciones del centro histórico, lo que resulta lógico, pues entre semana esta zona es un punto de conexión entre el norte y el sur de la ciudad. Por consiguiente, los lunes existe un tráfico importante en esta zona. Por otra parte, al ser un sector turístico, los fines de semana existe también una congestión importante para turistas y ciudadanía que acuden a actos sociales y culturales.

Así, por ejemplo, se puede visualizar que el número de situaciones de congestión vehicular registrado el lunes es de 766 casos en la intersección Vargas y Oriente, perteneciente a la parroquia Centro Histórico, de un total de 4573 casos, que corresponde a un 16,8 %.

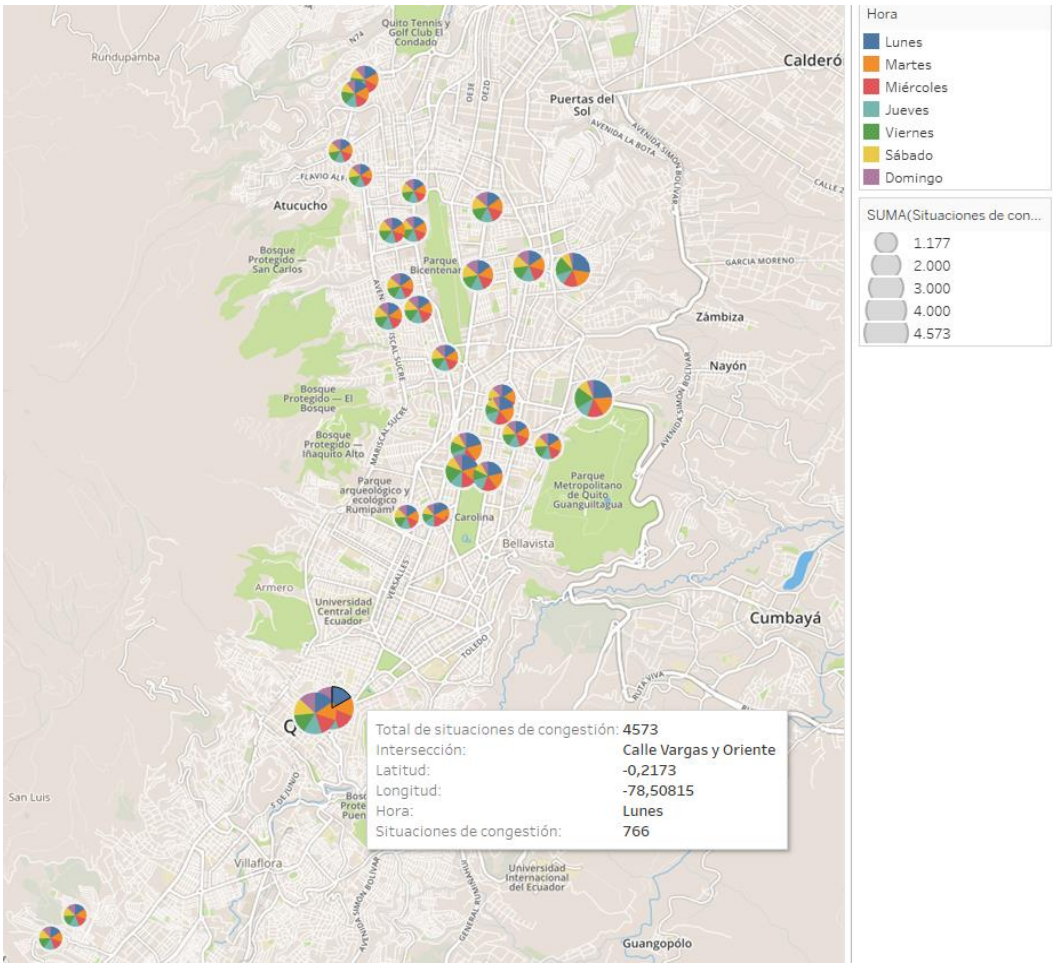


Gráfico 7. Representación espacial de casos de congestión vehicular por intersección y día

b) Intersección y hora

La información representada en el **Gráfico 8** muestra la cantidad de casos de congestión vehicular por intersección y horas, pudiendo mencionar que existe mayor número de casos de congestión en los horarios de 09:00 a 10:00, 13:00 a 14:00 y 17:00 a 18:00; esta elevada cantidad de casos se detectó en las intersecciones de las parroquias con mayor número de casos de congestión vehicular. Así, por ejemplo, se puede ver que el número de situaciones de congestión vehicular registrados entre 08:00 y 09:00 es de 409 casos en la intersección Vargas y Oriente, en la parroquia Centro Histórico, de 4573 casos, que corresponde a un 8,9 % del total de casos.

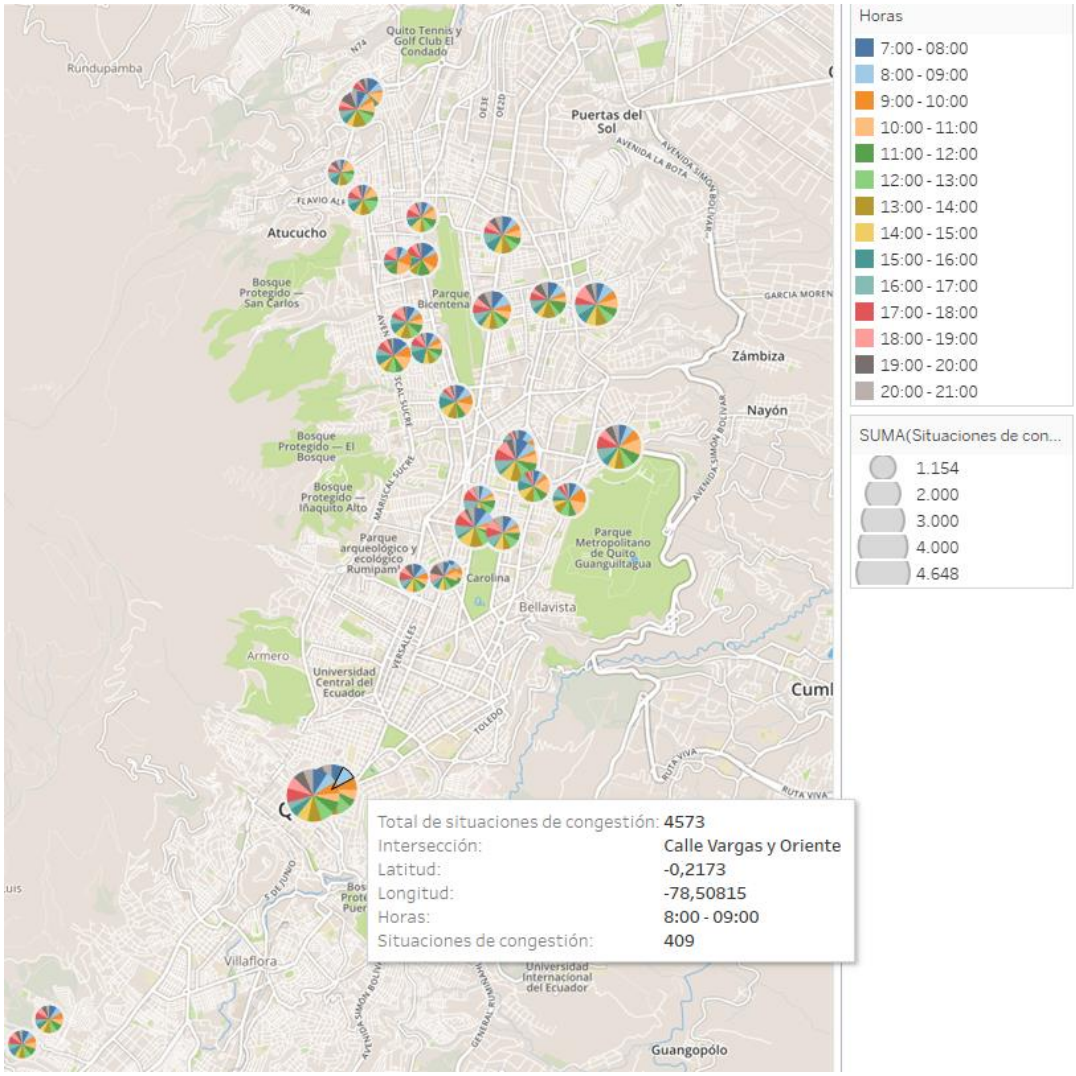
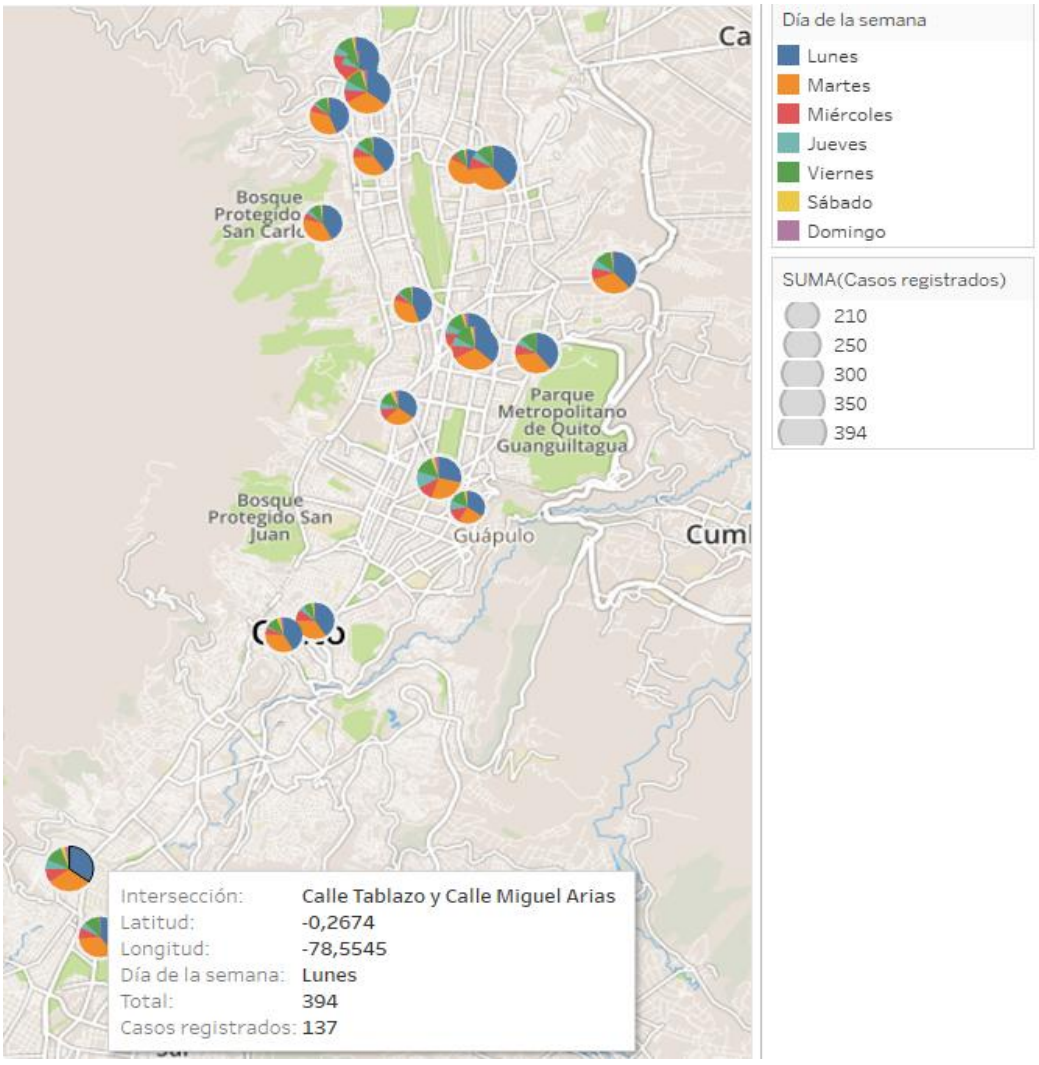


Gráfico 8. Representación espacial de casos de congestión vehicular por intersección y horas

4.2. Análisis de la información del tráfico vehicular en intersecciones sin sensores de flujo vehicular

En este epígrafe se presenta gráficamente información de situaciones de congestión vehicular identificadas mediante reportes de los agentes de tráfico, considerando diferentes segmentos: por horas, por días de la semana, por sectores y por intersecciones.

a) Intersección y día de la semana



El muestra la distribución de los 6065 casos de congestión vehicular por intersección, distribuidos entre todos los días de la semana.

Se puede mencionar que existe mayor congestión en lunes y martes en intersecciones de las parroquias Kennedy y La Mena, pues la primera es el centro financiero importante de la ciudad, y la segunda es un eje de desarrollo comercial del sector sur de la ciudad.

Así, por ejemplo, se observa que el número de situaciones de congestión vehicular registradas el lunes es de 394 casos en la intersección Tablazo y Miguel Arias perteneciente a la parroquia La Mena, de un total de 2274 casos, que corresponde a un 17,3 %.

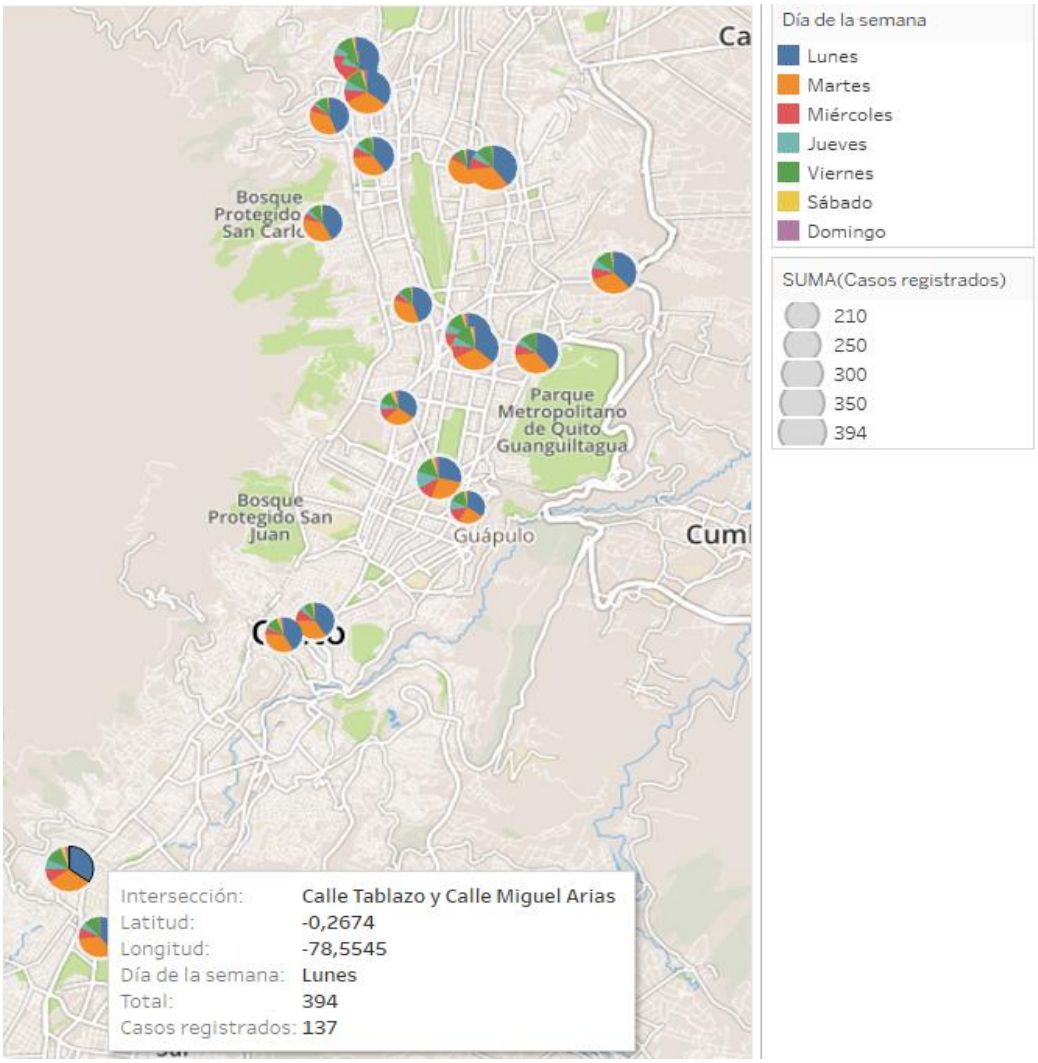


Gráfico 9. Representación espacial de casos de congestión vehicular identificados mediante reportes de los agentes de tráfico por intersección y día

b) Intersección y hora

La información representada en el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. muestra la cantidad de casos de congestión vehicular por intersección y horas. Existe

mayor número de casos de congestión en los horarios de 07:00 a 08:00, 09:00 a 10:00, 13:00 a 14:00 y 17:00 a 18:00. Los casos se detectaron en las intersecciones de las parroquias con mayor número de situaciones de congestión vehicular. Vemos que el número de situaciones de congestión registradas en el horario de 07:00 a 08:00 es de 33 casos en la intersección República y Ely Alfaro perteneciente a la parroquia Iñaquito.

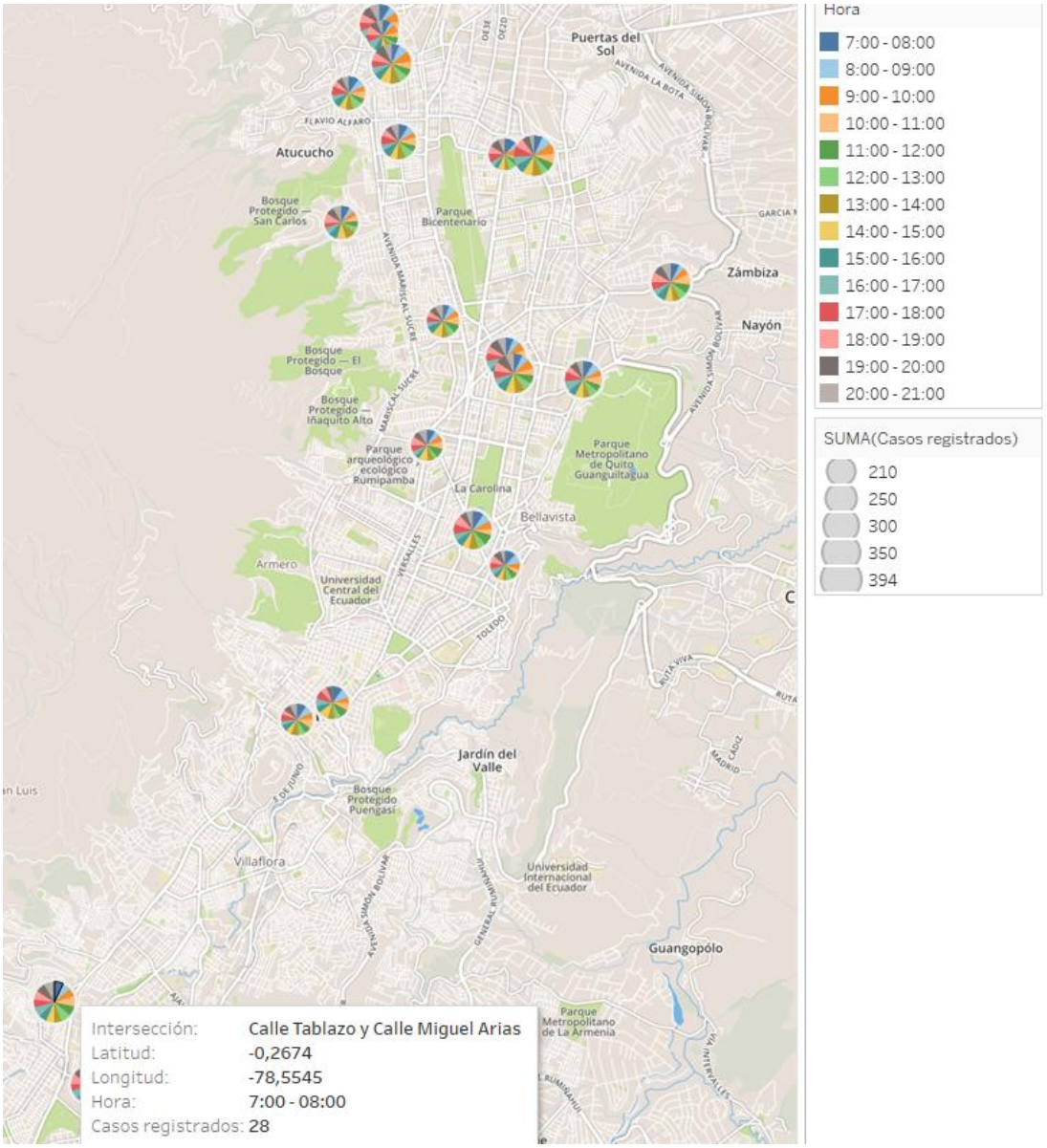


Gráfico 10. Representación espacial de casos de congestión vehicular identificados mediante reportes de los agentes de tráfico por intersección y horas

4.3. Análisis de la información del tráfico vehicular a partir de los tuits

Por otro lado, mediante la aplicación desarrollada en el presente trabajo, se puede obtener información de tuits que reflejen la existencia de tráfico en un momento dado y en las

intersecciones en las cuales existen sensores de volumen de tráfico, permitiendo establecer así, dentro de un periodo y de un sector seleccionado, la cantidad de tuits generados, de acuerdo a la percepción de la población, sobre los lugares de mayor congestión en la ciudad.

a) Intersección por día

En el **Gráfico 11** se observa con claridad que los días en los que más cantidad de tuits de tráfico vehicular se registran son los lunes, martes y viernes, y se puede concluir que las intersecciones en las cuales existió mayor número de tuits de tráfico vehicular pertenecen a las parroquias identificadas como las de mayor nivel de tráfico: Centro Histórico, El Inca e Iñaquito.

Así, vemos que el número de tuits registrados el lunes es de 857 casos en la parroquia Centro Histórico, de un total de 5631 casos, que equivale a un 15,2 %.

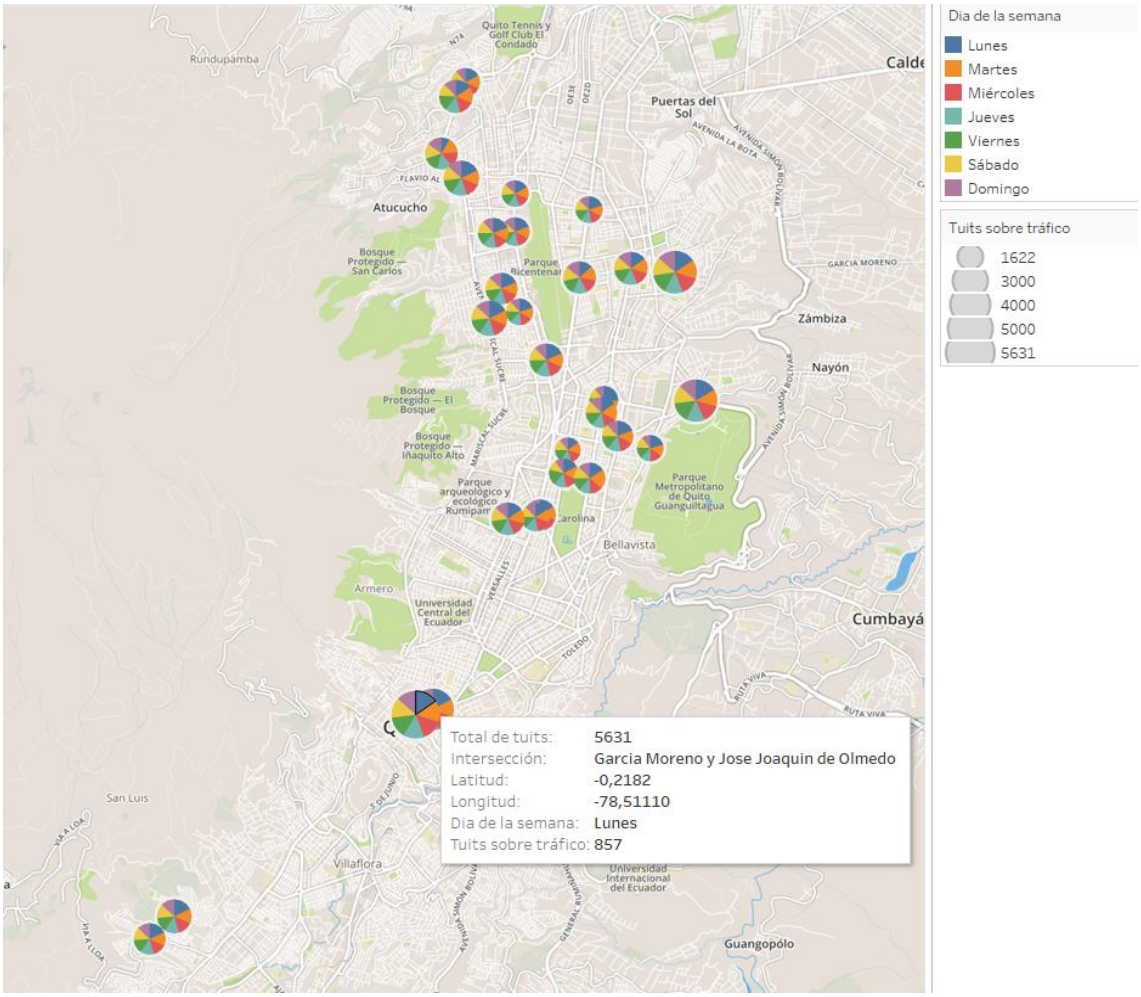


Gráfico 11. Representación espacial de tuits de tráfico vehicular por intersección y días

b) Intersección por hora

Los valores del ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. muestran la distribución de la cantidad de tuits registrados en el rango de horas comprendido entre las 07:00 y las 21:00. Así podemos determinar, al igual que en el caso del análisis por parroquia, que la mayor cantidad de tuits registrados están en los rangos de 07:00 a 9:00, de 13:00 a 14:00 y de 16:00 a 18:00, los motivos son los indicados en el análisis de tuits de tráfico vehicular registrados por intersección y hora, detallado en uno de los puntos anteriores.

Podemos concluir que las intersecciones en donde se registra la mayor cantidad de tuits de tráfico vehicular pertenecen, una vez más, a las parroquias indicadas como focos de tráfico vehicular, que son El Inca Iñaquito y Centro Histórico. El número de tuits registrados en el horario de 13:00 a 14:00 es de 566 casos en la parroquia Centro Histórico, de un total de 5631 casos, que equivale a un 10,1 %.

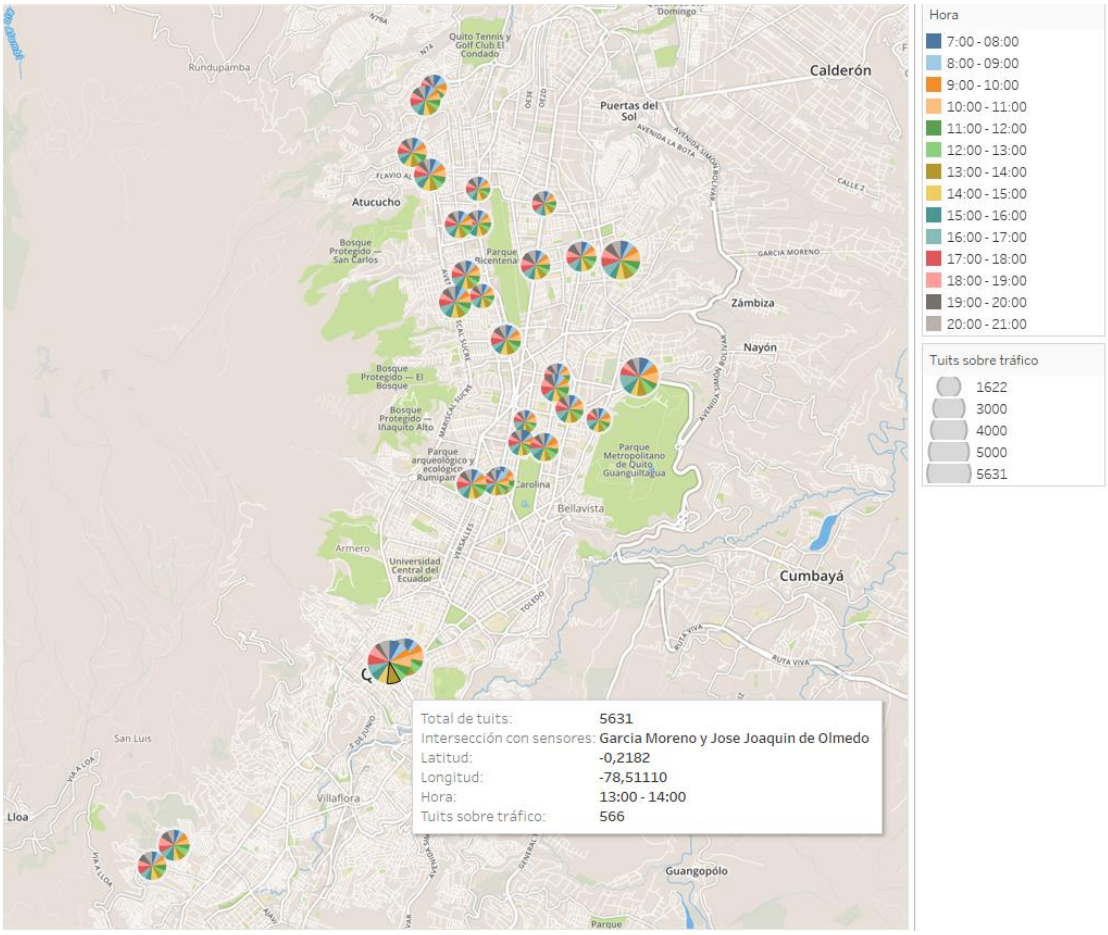


Gráfico 12. Representación espacial de tuits sobre tráfico vehicular por intersecciones y horas

4.4. Prueba de Hipótesis

En este apartado se harán los análisis correspondientes con el fin de mostrar evidencias acerca del cumplimiento o no de las hipótesis planteadas.

4.4.1. Prueba de hipótesis 1

En orden a probar la hipótesis 1: «El número de congestiones detectadas únicamente con los datos de las redes sociales cubre un porcentaje significativo de las congestiones detectadas con los sensores de flujo vehicular», la presente sección muestra información del porcentaje de cobertura de tuits por intersección, día de la semana y hora. La misma que se define como el porcentaje de casos de congestión detectado por los tuits respecto a los casos de congestión registrados por los sensores.

Para corroborar que existe una cobertura significativa de los tuits, evaluamos la correlación de los mismos y los casos de congestión, por intersección, detectados con los sensores de flujo vehicular mediante diagramas de dispersión para cada día de la semana y cada hora.

a) Porcentaje de cobertura por intersección y día

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el porcentaje de cobertura de los tuits en cada intersección para todos los días de la semana, en donde están instalados sensores de volumen de tráfico. En la tabla se observa que la intersección que registra más porcentaje de cobertura es García Moreno y José Joaquín de Olmedo, perteneciente a la parroquia Centro Histórico, con un 88,5 %, lo cual es razonable, pues la mayoría de instituciones públicas se encuentran en esta parroquia, además de ser un sector de importante afluencia turística. De manera contraria, se puede mencionar que la intersección con menor cobertura registrada es la avenida Antonio José de Sucre y Oe 10, perteneciente al sector de Cotocollao, con un 75,2 %.

Se puede ver también que el día en que se da mayor porcentaje de cobertura es el martes, con un 89,3 % en una de las intersecciones de la misma parroquia donde existe el mayor porcentaje de cobertura, siendo el sábado y el domingo los días de menor cobertura con un 74,2 %, en las intersecciones que pertenecen a la parroquia identificada como la de menor porcentaje de cobertura por las razonas mencionadas en el párrafo anterior.

El ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. muestra la correlación entre las situaciones de congestión detectadas en cada intersección por los tuits y las situaciones de congestión detectadas con los sensores de flujo vehicular en esas mismas intersecciones por días de la semana. En todos los casos representados podemos observar que se verifica una relación lineal dada por el modelo de tendencia calculado, siendo los valores de R^2 muy cercanos a la unidad y el valor de $p<0,05$ y, por tanto, valores significativos al 95 % de confianza. La recta de tendencia generada para cada caso se ajusta de forma significativa a la recta $y = x$, donde y representa la cantidad de casos de congestión informados por los sensores, y x representa los casos de congestión cubiertos por los tuits.

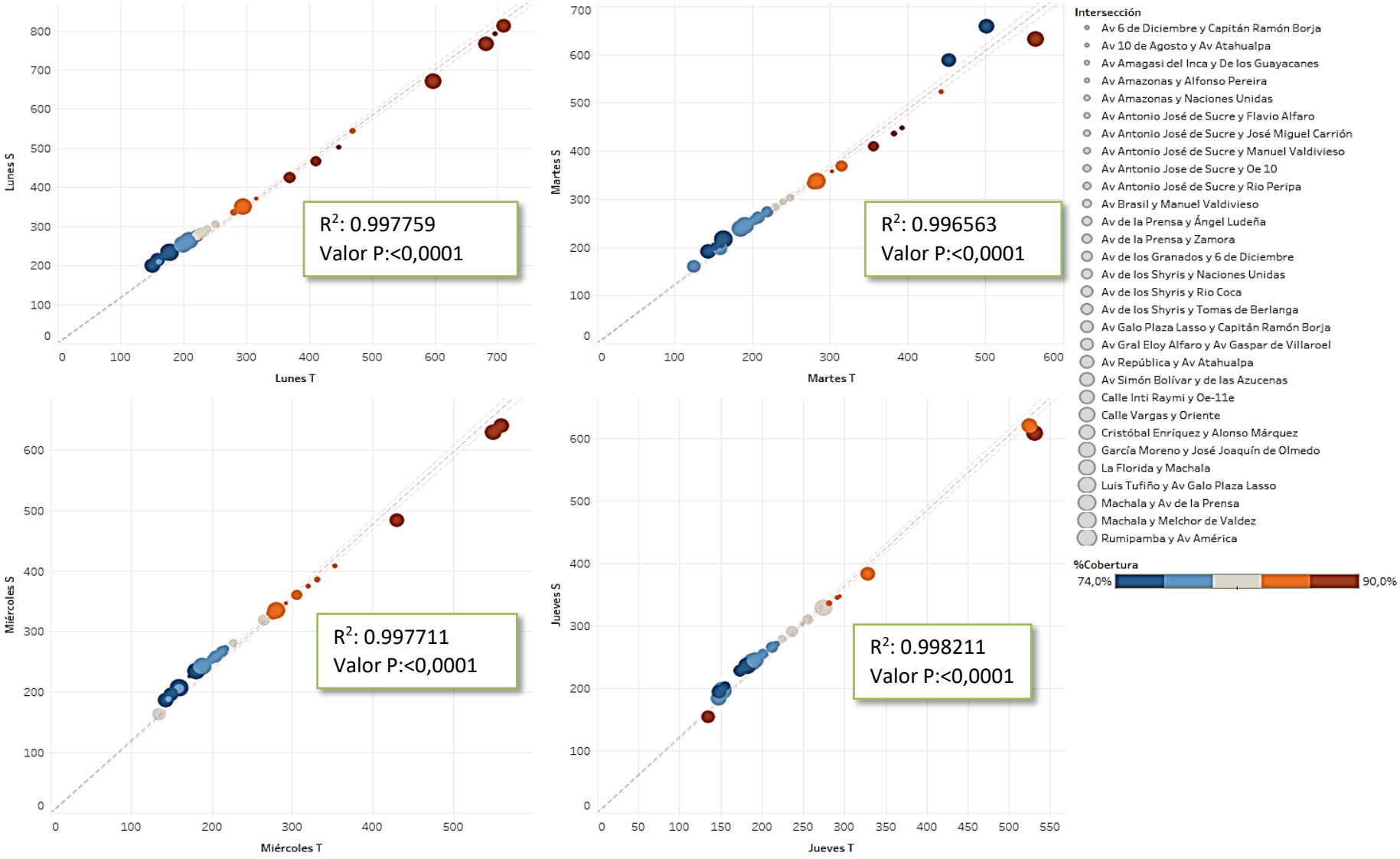
Tabla 17. Cobertura de tuits por intersección y día

Intersección	LT	LS	%CL	MT	MS	%CM	MT	MS	%CM	JT	JS	%CJ	VT	VS	%CV	ST	SS	%CS	DT	DS	%CD	TT	TS	%CT
García Moreno y José Joaquín de Olmedo	598	671	89,1	565	633	89,3	550	629	87,4	531	609	87,2	563	632	89,1	518	585	88,5	494	558	88,5	3.819	4.317	88,5
Calle Vargas y Oriente	682	766	89,0	501	659	76,0	561	640	87,7	525	621	84,5	639	721	88,6	515	604	85,3	497	562	88,4	3.920	4.573	85,7
Av Amagasi del Inca y De los Guayacanes	696	793	87,8	443	523	84,7	354	408	86,8	249	303	82,2	461	525	87,8	183	237	77,2	92	112	82,1	2.478	2.901	85,4
Av Amazonas y Naciones Unidas	470	543	86,6	382	436	87,6	332	386	86,0	282	336	83,9	437	491	89,0	232	286	81,1	182	236	77,1	2.317	2.714	85,4
Av Amazonas y Alfonso Pereira	448	502	89,2	393	447	87,9	320	374	85,6	292	346	84,4	248	302	82,1	193	247	78,1	151	197	76,6	2.045	2.415	84,7
Av 6 de Diciembre y Capitán Ramón Borja	317	371	85,4	303	357	84,9	292	346	84,4	294	348	84,5	306	360	85,0	282	336	83,9	266	320	83,1	2.060	2.438	84,5
Luis Tufiño y Av Galo Plaza Lasso	295	349	84,5	283	337	84,0	281	335	83,9	275	329	83,6	286	340	84,1	272	326	83,4	264	318	83,0	1.956	2.334	83,8
Av Galo Plaza Lasso y Capitán Ramón Borja	293	347	84,4	279	333	83,8	276	330	83,6	274	328	83,5	284	338	84,0	269	323	83,3	263	317	83,0	1.938	2.316	83,7
Av de los Shyris y Naciones Unidas	411	465	88,4	356	410	86,8	306	360	85,0	256	310	82,6	211	265	79,6	161	210	76,7	135	176	76,7	1.836	2.196	83,6
Av de los Shyris y Tomas de Berlanga	370	424	87,3	315	369	85,4	265	319	83,1	237	291	81,4	172	226	76,1	152	199	76,4	136	167	81,4	1.647	1.995	82,6
Av Simón Bolívar y de las Azucenas	710	813	87,3	453	588	77,0	430	484	88,8	329	383	85,9	486	640	75,9	254	308	82,5	151	200	75,5	2.813	3.416	82,3
Av Antonio José de Sucre y José Miguel Carrión	281	335	83,9	240	294	81,6	228	282	80,9	217	271	80,1	255	309	82,5	175	229	76,4	158	212	74,5	1.554	1.932	80,4
Av Brasil y Manuel Valdivieso	238	292	81,5	229	283	80,9	227	281	80,8	225	279	80,6	231	285	81,1	206	260	79,2	185	239	77,4	1.541	1.919	80,3
Av República y Av Atahualpa	152	202	75,2	125	159	78,6	135	164	82,3	135	154	87,7	152	196	77,6	123	145	84,8	123	157	78,3	945	1.177	80,3
Av Antonio José de Sucre y Rio Peripa	251	305	82,3	249	303	82,2	217	271	80,1	211	265	79,6	234	288	81,3	158	212	74,5	152	201	75,6	1.472	1.845	79,8
Av Antonio José de Sucre y Manuel Valdivieso	227	281	80,8	216	270	80,0	217	271	80,1	212	266	79,7	219	273	80,2	206	260	79,2	182	236	77,1	1.479	1.857	79,6
Av de los Shyris y Rio Coca	228	282	80,9	219	273	80,2	213	267	79,8	212	266	79,7	222	276	80,4	193	247	78,1	172	226	76,1	1.459	1.837	79,4
Av Gral Eloy Alfaro y Av Gaspar de Villaroel	221	275	80,4	208	262	79,4	205	259	79,2	174	228	76,3	210	264	79,5	192	246	78,0	152	200	76,0	1.362	1.734	78,5
Av de los Granados y 6 de Diciembre	223	277	80,5	202	256	78,9	203	257	79,0	201	255	78,8	206	260	79,2	191	245	78,0	157	211	74,4	1.383	1.761	78,5
Av de la Prensa y Zamora	211	265	79,6	196	250	78,4	200	254	78,7	194	248	78,2	203	257	79,0	182	236	77,1	167	221	75,6	1.353	1.731	78,2
La Florida y Machala	205	259	79,2	189	243	77,8	188	242	77,7	192	246	78,0	198	252	78,6	194	248	78,2	179	233	76,8	1.345	1.723	78,1
Machala y Melchor de Valdez	209	263	79,5	190	244	77,9	189	243	77,8	188	242	77,7	194	248	78,2	181	235	77,0	141	188	75,0	1.292	1.663	77,7
Cristóbal Enríquez y Alonso Márquez	151	200	75,5	143	191	74,9	143	186	76,9	147	184	79,9	153	199	76,9	140	176	79,5	129	163	79,1	1.006	1.299	77,4
Av 10 de Agosto y Av Atahualpa	165	219	75,3	151	197	76,6	172	226	76,1	147	195	75,4	132	174	75,9	124	151	82,1	116	140	82,9	1.007	1.302	77,3
Machala y Av de la Prensa	199	253	78,7	185	239	77,4	181	235	77,0	182	236	77,1	183	237	77,2	179	233	76,8	140	187	74,9	1.249	1.620	77,1

Intersección	LT	LS	%CL	MT	MS	%CM	MT	MS	%CM	JT	JS	%CJ	VT	VS	%CV	ST	SS	%CS	DT	DS	%CD	TT	TS	%CT
Av Antonio José de Sucre y Flavio Alfaro	162	209	77,5	145	191	75,9	146	188	77,7	149	194	76,8	151	201	75,1	150	196	76,5	135	179	75,4	1.038	1.358	76,4
Calle Inti Raymi y Oe-11e	160	214	74,8	158	198	79,8	149	196	76,0	148	195	75,9	151	201	75,1	139	184	75,5	125	165	75,8	1.030	1.353	76,1
Rumipamba y Av América	178	232	76,7	163	217	75,1	159	207	76,8	152	196	77,6	167	221	75,6	153	202	75,7	135	180	75,0	1.107	1.455	76,1
Av de la Prensa y Ángel Ludeña	171	225	76,0	159	207	76,8	160	205	78,0	156	204	76,5	162	216	75,0	149	200	74,5	145	192	75,5	1.102	1.449	76,1
Av Antonio Jose de Sucre y Oe 10	166	220	75,5	152	202	75,2	152	199	76,4	152	201	75,6	153	204	75,0	147	198	74,2	138	186	74,2	1.060	1.410	75,2
Total general	**9.088**	**10.852**	**81,8**	**7.792**	**9.571**	**80,5**	**7.451**	**9.044**	**81,1**	**6.938**	**8.529**	**80,5**	**7.669**	**9.401**	**80,2**	**6.213**	**7.764**	**79,1**	**5.462**	**6.879**	**78,2**	**50.613**	**62.040**	**80,4**

Notación

- Lunes L, Martes M, Miércoles M, Jueves J, Viernes V
- T Tweets, S Sensores
- %C Porcentaje de Cobertura
- TT Totales Tweets
- TS Total Sensores
- %CT Porcentaje de Cobertura Total


Lunes S
Lunes T
R²: 0.997759
Valor P:<0,0001
Martes S
Martes T
R²: 0.996563
Valor P:<0,0001
Miércoles S
Miércoles T
R²: 0.997711
Valor P:<0,0001
Jueves S
Jueves T
R²: 0.998211
Valor P:<0,0001
Intersección
Av 6 de Diciembre y Capitán Ramón Borja
Av 10 de Agosto y Av Atahualpa
Av Amagasi del Inca y De los Guayacanes
Av Amazonas y Alfonso Pereira
Av Amazonas y Naciones Unidas
Av Antonio José de Sucre y Flavio Alfaro
Av Antonio José de Sucre y José Miguel Carrión
Av Antonio José de Sucre y Manuel Valdivieso
Av Antonio Jose de Sucre y Oe 10
Av Antonio José de Sucre y Rio Peripa
Av Brasil y Manuel Valdivieso
Av de la Prensa y Ángel Ludeña
Av de la Prensa y Zamora
Av de los Granados y 6 de Diciembre
Av de los Shyris y Naciones Unidas
Av de los Shyris y Rio Coca
Av de los Shyris y Tomas de Berlanga
Av Galo Plaza Lasso y Capitán Ramón Borja
Av Gral Eloy Alfaro y Av Gaspar de Villaroel
Av República y Av Atahualpa
Av Simón Bolívar y de las Azucenas
Calle Inti Raymi y Oe-11e
Calle Vargas y Oriente
Cristóbal Enríquez y Alonso Márquez
García Moreno y José Joaquín de Olmedo
La Florida y Machala
Luis Tufiño y Av Galo Plaza Lasso
Machala y Av de la Prensa
Machala y Melchor de Valdez
Rumipamba y Av América
%Cobertura
74,0%
90,0%

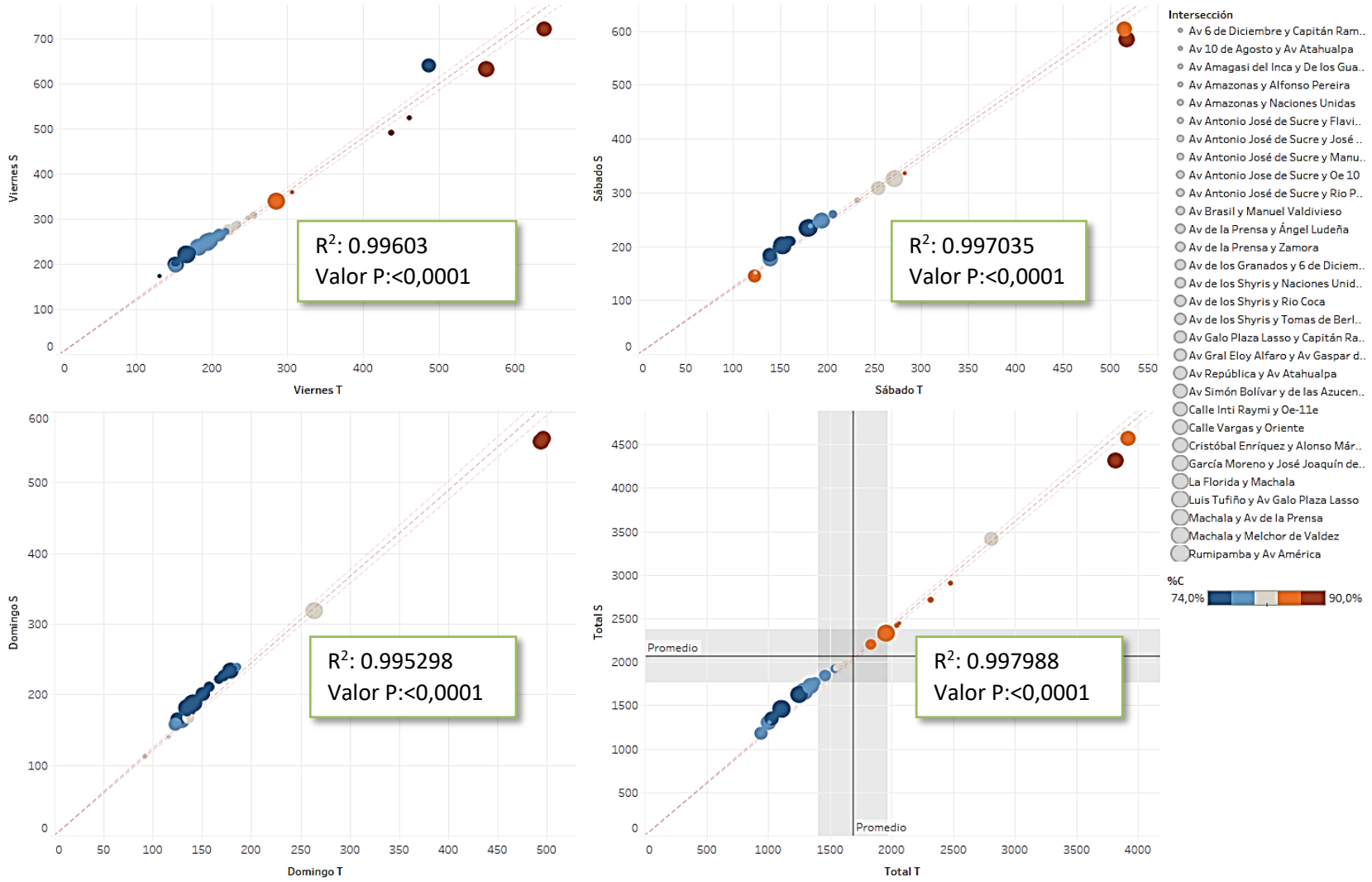


Gráfico 13. Diagrama de dispersión de situaciones de congestión tuits-sensores por intersección y día

b) Porcentaje de cobertura por intersección y hora

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el porcentaje de cobertura de los tuits en cada intersección en lugares donde existen sensores de volumen de tráfico. Se puede mencionar que, al igual que en el análisis de los días, el mayor porcentaje de cobertura se registró en la intersección García Moreno y José Joaquín de Olmedo, en la parroquia Centro Histórico, con un 89,6 %, y la de menor es cobertura en la avenida Antonio José de Sucre con Oe 10, perteneciente a la parroquia de Cotocollao, con un 74,8 % por cada hora comprendida en el intervalo de 07:00 a 21:00. La razón de estos resultados se detalla en el análisis por parroquia.

Podemos mencionar también que las horas en las que se registra un mayor porcentaje de cobertura son H11 (17:00 a 18:00 pm) y H13 (19:00 a 20:00 pm); la primera se registra en la intersección de la avenida Antonio José de Sucre con Oe 10, perteneciente a la parroquia Centro Histórico, con un 90 %, y la segunda se registra en la intersección de la avenida de los Shyris y Naciones Unidas, perteneciente a la parroquia Iñaquito. Los resultados son coherentes, pues en la parroquia Centro Histórico están ubicadas muchas instituciones públicas que han establecido su horario de salida en el horario H11 y, asimismo, en la parroquia Iñaquito están ubicadas la mayoría de instituciones privadas, las cuales han establecido su horario de salida en el horario H13. De manera análoga, podemos mencionar que el horario que menor cobertura registran es H4 (10:00 a 11:00) en la intersección avenida 10 de Agosto y avenida Atahualpa. La razón obedece a que en el horario H4 la mayor parte de la población en este sector, donde hay empresas privadas, está dedicada a sus actividades de oficina.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la correlación entre las situaciones de congestión detectadas en cada intersección por los tuits y las situaciones de congestión detectadas con los sensores de flujo vehicular en esas mismas intersecciones por hora del día. En todos los casos representados podemos observar que se verifica una relación lineal dada por el modelo de tendencia calculado, siendo los valores de R^2 muy cercanos a la unidad y el valor de $p<0.05$ y, por tanto, valores significativos al 95 % de confianza. La recta de tendencia generada para cada caso se ajusta de forma significativa a la recta $y = x$, donde y representa la cantidad de casos de congestión informados por los sensores, y x representa los casos de congestión cubiertos por los tuits.

Tabla 18. Cobertura de tuits por intersección y hora

Intersección	H1T	H1S	%C H1	H2T	H2S	%C H2	H3T	H3S	%C H3	H4T	H4S	%C H4	H5T	H5S	%C H5	H6T	H6S	%C H6	H7T	H7S	%C H7
García Moreno y José Joaquín de Olmedo	350	422	82,9	280	330	84,8	299	340	87,9	218	259	84,2	294	335	87,8	348	392	88,8	355	396	89,6
Calle Vargas y Oriente	260	321	81,0	350	409	85,6	296	337	87,8	238	279	85,3	163	204	79,9	347	388	89,4	288	329	87,5
Av Amagasi del Inca y De los Guayacanes	144	178	80,9	212	248	85,5	162	198	81,8	204	240	85,0	158	194	81,4	170	206	82,5	228	274	83,2
Av Amazonas y Naciones Unidas	215	275	78,2	201	274	73,4	76	86	88,4	124	151	82,1	75	92	81,5	200	285	70,2	210	278	75,5
Av Amazonas y Alfonso Pereira	61	70	87,1	162	189	85,7	42	48	87,5	78	88	88,6	119	146	81,5	101	128	78,9	82	109	75,2
Av 6 de Diciembre y Capitán Ramón Borja	171	205	83,4	155	182	85,2	84	101	83,2	87	114	76,3	224	251	89,2	93	111	83,8	237	264	89,8
Luis Tufiño y Av Galo Plaza Lasso	169	201	84,1	120	147	81,6	117	144	81,3	150	177	84,7	121	148	81,8	140	167	83,8	199	226	88,1
Av Galo Plaza Lasso y Capitán Ramón Borja	200	257	77,8	210	237	88,6	124	151	82,1	152	179	84,9	94	121	77,7	143	170	84,1	149	176	84,7
Av de los Shyris y Naciones Unidas	135	162	83,3	120	147	81,6	65	75	86,7	89	102	87,3	125	152	82,2	156	183	85,2	117	144	81,3
Av de los Shyris y Tomas de Berlanga	250	291	85,9	205	232	88,4	75	88	85,2	203	230	88,3	202	229	88,2	261	291	89,7	216	273	79,1
Av Simón Bolívar y de las Azucenas	151	184	82,1	149	185	80,5	216	252	85,7	345	389	88,7	229	265	86,4	189	225	84,0	205	241	85,1
Av Antonio José de Sucre y José Miguel Carrión	150	200	75,0	111	138	80,4	35	45	77,8	153	200	76,5	82	101	81,2	87	113	77,0	139	176	79,0
Av Brasil y Manuel Valdivieso	101	128	78,9	66	88	75,0	78	99	78,8	93	122	76,2	89	116	76,7	91	121	75,2	97	124	78,2
Av República y Av Atahualpa	69	90	76,7	96	121	79,3	81	97	83,5	61	75	81,3	87	113	77,0	75	98	76,5	61	80	76,3
Av Antonio José de Sucre y Rio Peripa	138	175	78,9	84	111	75,7	75	96	78,1	191	231	82,7	63	81	77,8	160	205	78,0	233	280	83,2
Av Antonio José de Sucre y Manuel Valdivieso	210	272	77,2	45	59	76,3	168	218	77,1	236	270	87,4	108	144	75,0	135	171	78,9	74	94	78,7
Av de los Shyris y Rio Coca	124	151	82,1	138	175	78,9	74	89	83,1	230	283	81,3	85	112	75,9	107	140	76,4	121	161	75,2
Av Gral Eloy Alfaro y Av Gaspar de Villaroel	103	130	79,2	84	112	75,0	259	286	90,6	215	282	76,2	100	134	74,6	130	166	78,3	120	160	75,0
Av de los Granados y 6 de Diciembre	91	108	84,3	71	94	75,5	75	87	86,2	211	281	75,1	118	150	78,7	101	135	74,8	133	173	76,9
Av de la Prensa y Zamora	136	181	75,1	126	168	75,0	146	178	82,0	193	224	86,2	109	146	74,7	24	31	77,4	132	177	74,6
La Florida y Machala	120	151	79,5	84	111	75,7	85	114	74,6	88	117	75,2	120	156	76,9	121	153	79,1	160	192	83,3
Machala y Melchor de Valdez	62	83	74,7	79	105	75,2	185	217	85,3	229	260	88,1	113	151	74,8	8	10	80,0	21	28	75,0
Cristóbal Enríquez y Alonso Márquez	88	118	74,6	81	108	75,0	73	97	75,3	79	103	76,7	80	105	76,2	76	102	74,5	83	107	77,6
Av 10 de Agosto y Av Atahualpa	70	92	76,1	63	81	77,8	71	83	85,5	112	151	74,2	103	135	76,3	58	76	76,3	27	35	77,1
Machala y Av de la Prensa	186	249	74,7	70	93	75,3	254	286	88,8	90	120	75,0	172	229	75,1	27	36	75,0	91	122	74,6

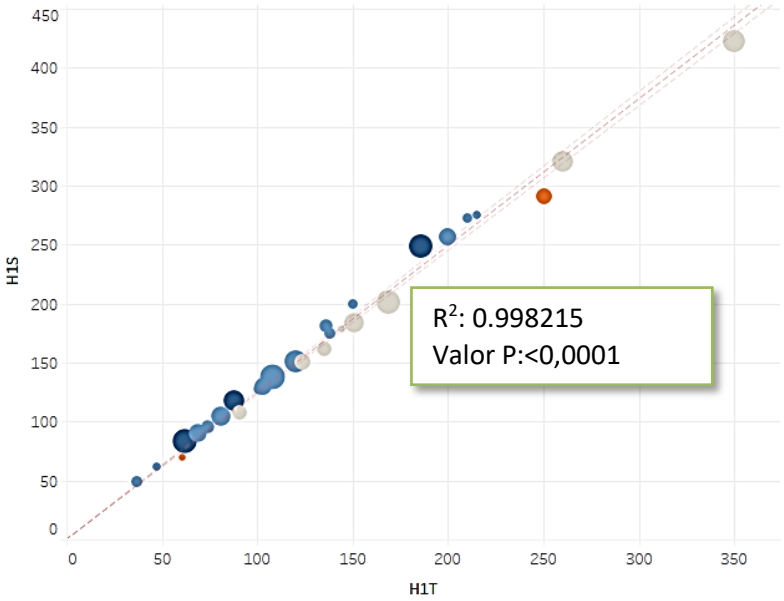
Intersección	H1T	H1S	%C H1	H2T	H2S	%C H2	H3T	H3S	%C H3	H4T	H4S	%C H4	H5T	H5S	%C H5	H6T	H6S	%C H6	H7T	H7S	%C H7
Av Antonio José de Sucre y Flavio Alfaro	47	62	75,8	39	50	78,0	37	48	77,1	126	160	78,8	64	85	75,3	171	228	75,0	133	177	75,1
Calle Inti Raymi y Oe-11e	81	105	77,1	74	98	75,5	70	93	75,3	86	110	78,2	85	113	75,2	80	105	76,2	75	100	75,0
Rumipamba y Av América	108	138	78,3	93	120	77,5	89	100	89,0	81	98	82,7	56	74	75,7	77	101	76,2	48	64	75,0
Av de la Prensa y Ángel Ludeña	74	96	77,1	65	84	77,4	53	69	76,8	142	179	79,3	109	146	74,7	100	133	75,2	65	87	74,7
Av Antonio Jose de Sucre y Oe 10	37	49	75,5	23	29	79,3	19	25	76,0	124	154	80,5	43	57	75,4	117	156	75,0	95	127	74,8

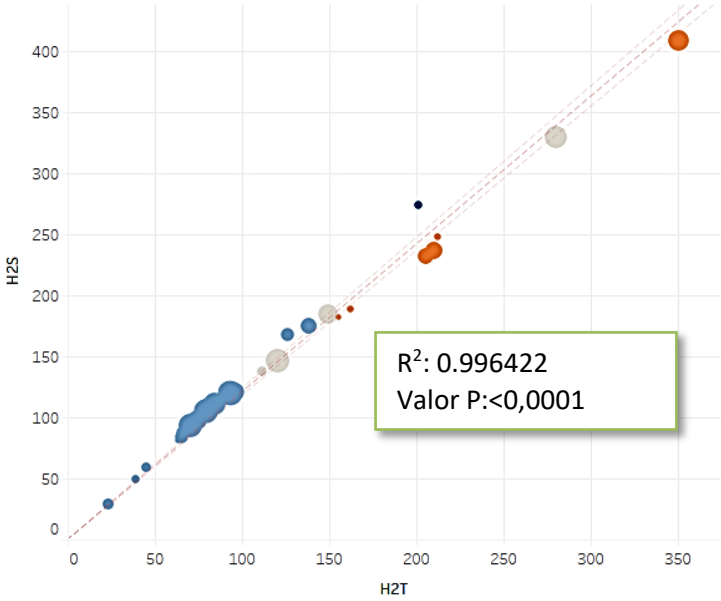
Intersección	H8T	H8S	%CH8	H9T	H9S	%CH9	H10T	H10S	%CH10	H11T	H11S	%CH11	H12T	H12S	%CH12	H13T	H13S	%C H13	H14T	H14S	%CH14	TT	TS	%CT
García Moreno y José Joaquín de Olmedo	299	340	87,9	217	258	84,1	170	211	80,6	370	411	90,0	306	347	88,2	280	321	87,2	245	286	85,7	3.819	4.317	88,5
Calle Vargas y Oriente	158	199	79,4	228	269	84,8	257	298	86,2	356	397	89,7	307	348	88,2	162	203	79,8	220	261	84,3	3.920	4.573	85,7
Av Amagasi del Inca y De los Guayacanes	199	235	84,7	212	248	85,5	216	252	85,7	149	185	80,5	276	312	88,5	123	154	79,9	100	120	83,3	2.478	2.901	85,4
Av Amazonas y Naciones Unidas	260	292	89,0	59	70	84,3	229	258	88,8	211	238	88,7	118	145	81,4	62	77	80,5	132	159	83,0	2.317	2.714	85,4
Av Amazonas y Alfonso Pereira	159	186	85,5	42	56	75,0	234	261	89,7	162	189	85,7	71	93	76,3	7	8	87,5	85	102	83,3	2.045	2.415	84,7
Av 6 de Diciembre y Capitán Ramón Borja	97	124	78,2	115	128	89,8	146	173	84,4	136	163	83,4	74	91	81,3	134	161	83,2	125	152	82,2	2.060	2.438	84,5
Luis Tufiño y Av Galo Plaza Lasso	141	168	83,9	201	228	88,2	207	234	88,5	93	120	77,5	126	153	82,4	96	123	78,0	135	162	83,3	1.956	2.334	83,8
Av Galo Plaza Lasso y Capitán Ramón Borja	146	173	84,4	84	112	75,0	179	206	86,9	164	191	85,9	128	155	82,6	143	170	84,1	145	172	84,3	1.938	2.316	83,7
Av de los Shyris y Naciones Unidas	146	173	84,4	21	25	84,0	181	208	87,0	169	196	86,2	153	180	85,0	9	10	90,0	160	187	85,6	1.836	2.196	83,6
Av de los Shyris y Tomas de Berlanga	238	265	89,8	59	76	77,6	258	285	90,5	231	268	86,2	236	263	89,7	126	153	82,4	62	79	78,5	1.647	1.995	82,6
Av Simón Bolívar y de las Azucenas	143	179	79,9	142	178	79,8	269	305	88,2	255	317	80,4	162	198	81,8	157	193	81,3	126	162	77,8	2.813	3.416	82,3
Av Antonio José de Sucre y José Miguel Carrión	85	97	87,6	105	133	78,9	69	79	87,3	91	118	77,1	41	51	80,4	68	87	78,2	45	58	77,6	1.554	1.932	80,4
Av Brasil y Manuel Valdivieso	78	97	80,4	266	295	90,2	98	125	78,4	105	139	75,5	90	117	76,9	25	32	78,1	59	76	77,6	1.541	1.919	80,3
Av República y Av Atahualpa	53	70	75,7	60	79	75,9	74	97	76,3	23	29	79,3	78	104	75,0	75	97	77,3	69	90	76,7	945	1.177	80,3
Av Antonio José de Sucre y Rio Peripa	100	127	78,7	107	134	79,9	132	159	83,0	81	100	81,0	87	114	76,3	207	234	88,5	107	134	79,9	1.472	1.845	79,8
Av Antonio José de Sucre y Manuel Valdivieso	88	115	76,5	166	195	85,1	113	140	80,7	112	147	76,2	84	101	83,2	56	73	76,7	44	51	86,3	1.479	1.857	79,6
Av de los Shyris y Rio Coca	114	151	75,5	145	182	79,7	87	116	75,0	25	32	78,1	42	51	82,4	35	44	79,5	50	67	74,6	1.459	1.837	79,4
Av Gral Eloy Alfaro y Av Gaspar de Villaroel	78	104	75,0	70	93	75,3	140	174	80,5	59	72	81,9	39	51	76,5	33	43	76,7	56	63	88,9	1.362	1.734	78,5
Av de los Granados y 6 de Diciembre	130	171	76,0	143	179	79,9	120	155	77,4	62	71	87,3	35	44	79,5	15	17	88,2	36	43	83,7	1.383	1.761	78,5
Av de la Prensa y Zamora	139	185	75,1	172	230	74,8	87	116	75,0	48	64	75,0	69	92	75,0	33	43	76,7	47	63	74,6	1.353	1.731	78,2
La Florida y Machala	92	119	77,3	135	180	75,0	106	133	79,7	74	98	75,5	150	177	84,7	38	49	77,6	17	20	85,0	1.345	1.723	78,1
Machala y Melchor de Valdez	5	6	83,3	58	77	75,3	36	48	75,0	74	99	74,7	129	172	75,0	6	8	75,0	24	31	77,4	1.292	1.663	77,7
Cristóbal Enríquez y Alonso Márquez	61	79	77,2	65	85	76,5	71	84	84,5	83	110	75,5	73	95	76,8	53	70	75,7	40	52	76,9	1.006	1.299	77,4
Av 10 de Agosto y Av Atahualpa	74	98	75,5	66	84	78,6	60	77	77,9	5	6	83,3	95	125	76,0	130	169	76,9	91	118	77,1	1.007	1.302	77,3
Machala y Av de la Prensa	32	42	76,2	173	232	74,6	45	60	75,0	113	151	74,8	76	102	74,5	33	43	76,7	42	56	75,0	1.249	1.620	77,1
Av Antonio José de Sucre y Flavio Alfaro	86	113	76,1	108	144	75,0	87	115	75,7	84	111	75,7	119	159	74,8	43	57	75,4	17	22	77,3	1.038	1.358	76,4

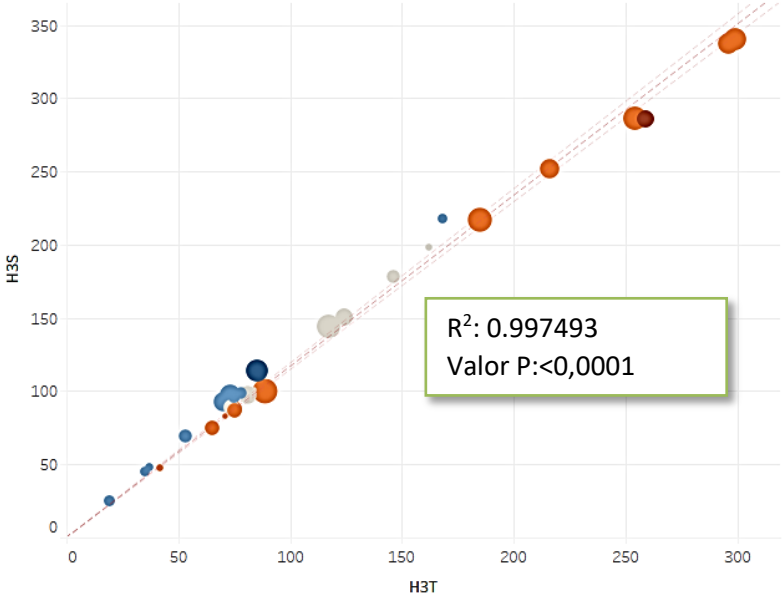
Intersección	H8T	H8S	%CH8	H9T	H9S	%CH9	H10T	H10S	%CH10	H11T	H11S	%CH11	H12T	H12S	%CH12	H13T	H13S	%C H13	H14T	H14S	%CH14	TT	TS	%CT
Calle Inti Raymi y Oe-11e	52	69	75,4	102	124	82,3	73	95	76,8	93	120	77,5	66	83	79,5	55	72	76,4	38	50	76,0	1.030	1.353	76,1
Rumipamba y Av América	94	123	76,4	34	44	77,3	88	115	76,5	110	139	79,1	81	99	81,8	82	110	74,5	31	39	79,5	1.107	1.455	76,1
Av de la Prensa y Ángel Ludeña	131	174	75,3	98	130	75,4	38	51	74,5	96	127	75,6	105	140	75,0	28	37	75,7	59	79	74,7	1.102	1.449	76,1
Av Antonio Jose de Sucre y Oe 10	24	32	75,0	98	131	74,8	89	119	74,8	33	43	76,7	55	73	75,3	60	80	75,0	59	79	74,7	1.060	1.410	75,2
Total general	**3502**	**4306**	**79,9**	**3551**	**4399**	**79,7**	**3959**	**4749**	**81,4**	**3667**	**4451**	**80,5**	**3471**	**4235**	**80,1**	**2374**	**2938**	**79,8**	**2466**	**3033**	**80,2**	**1687**	**2068**	**80,4**

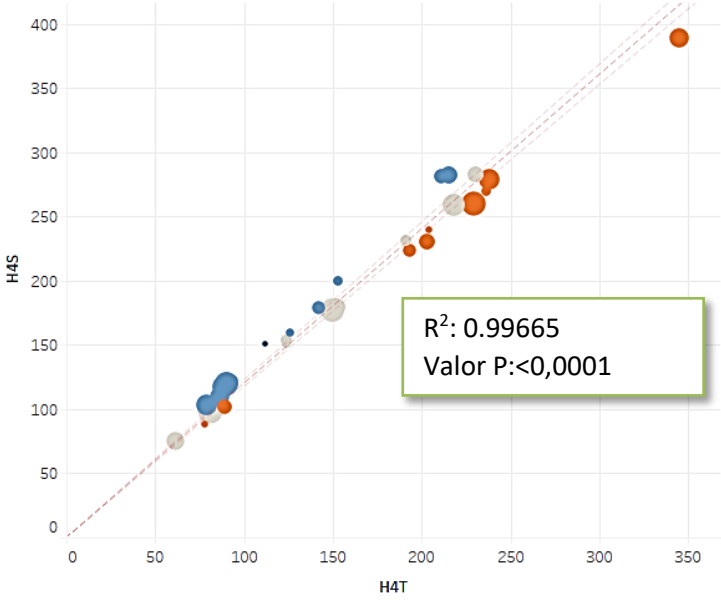
Notación

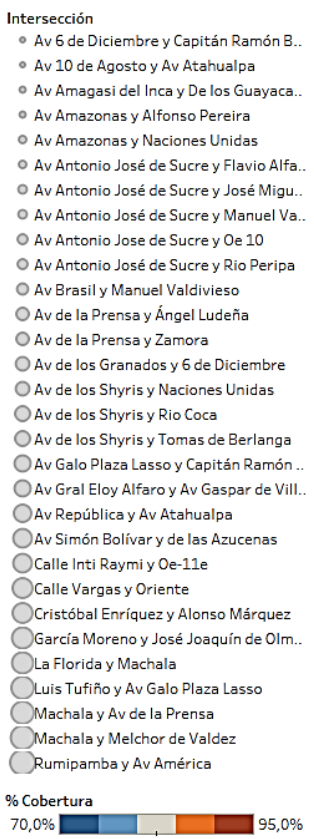
- T Tweets, S Sensores
- %C Porcentaje de Cobertura
- TT Totales Tweets
- TS Total Sensores
- %CT Porcentaje de Cobertura Total

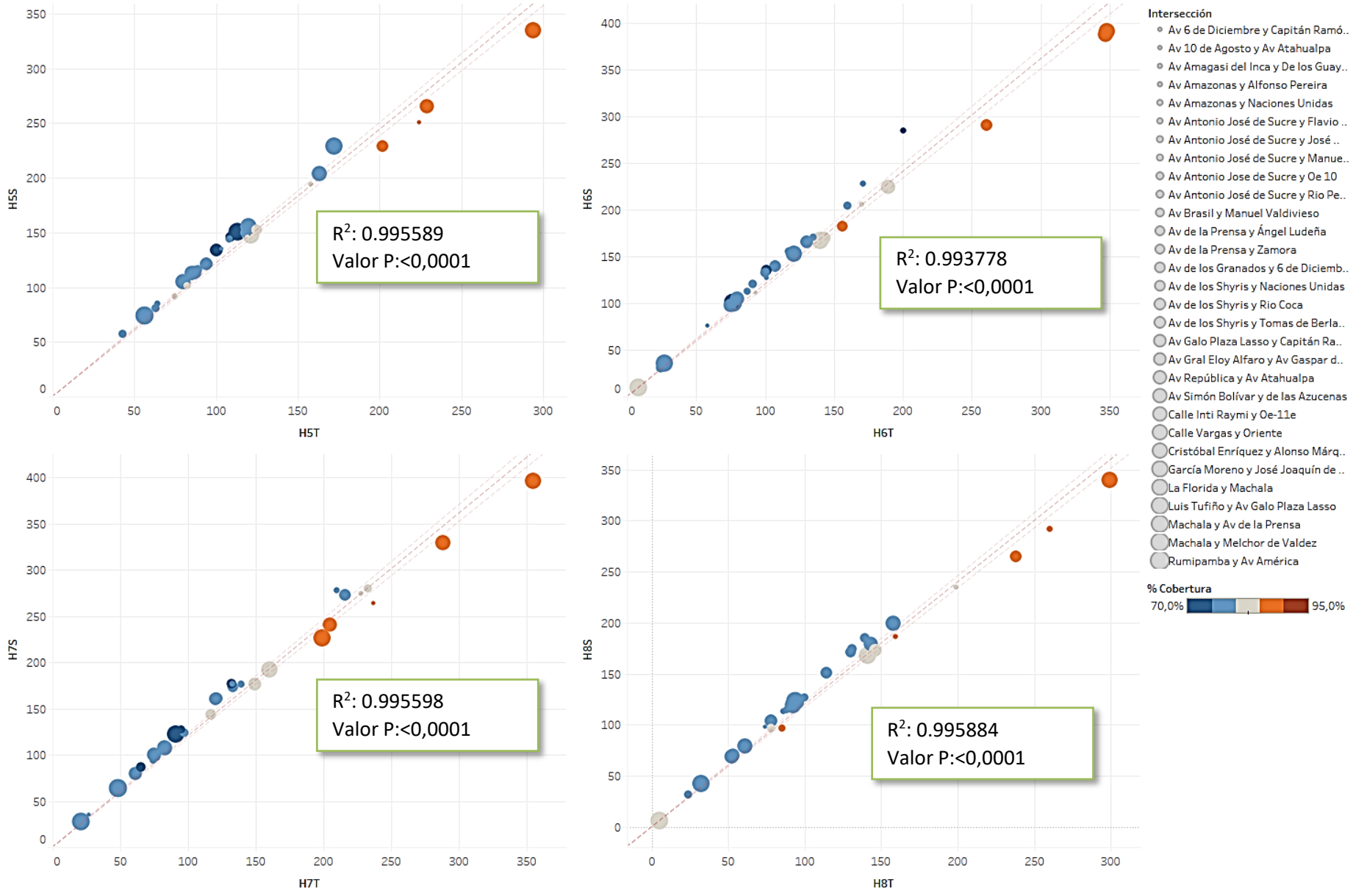

H1S
H1T
R²: 0.998215
Valor P:<0,0001

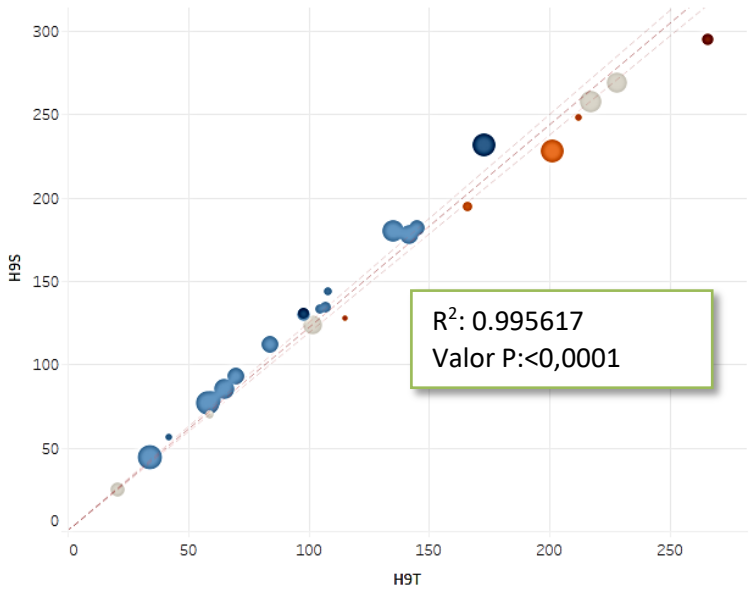

H2S
H2T
R²: 0.996422
Valor P:<0,0001

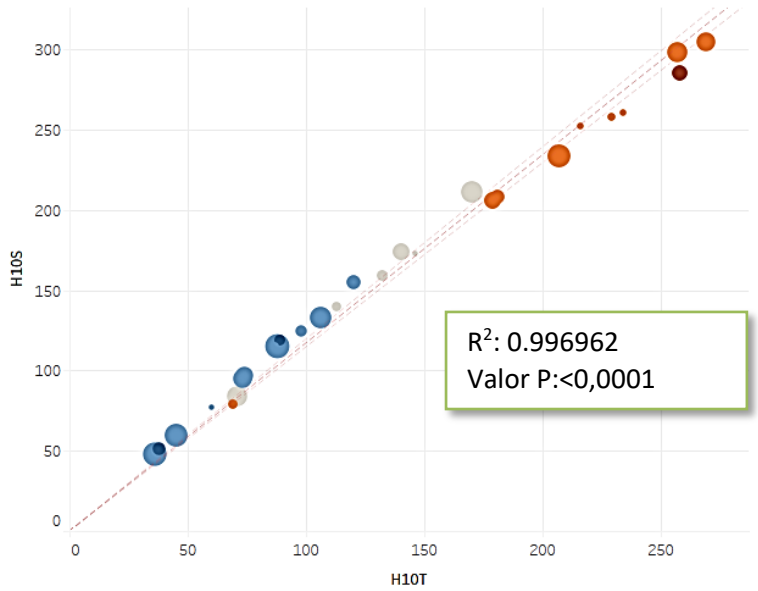

H3S
H3T
R²: 0.997493
Valor P:<0,0001

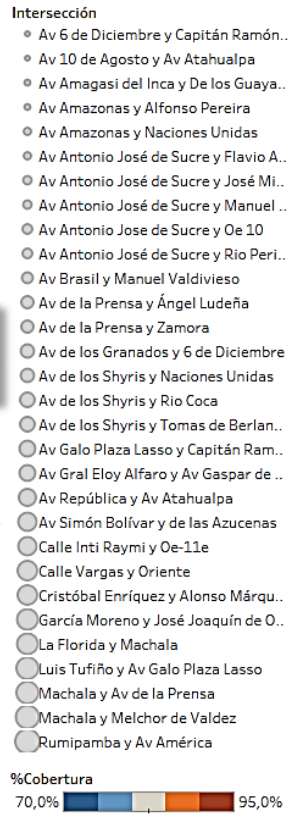

H4S
H4T
R²: 0.99665
Valor P:<0,0001

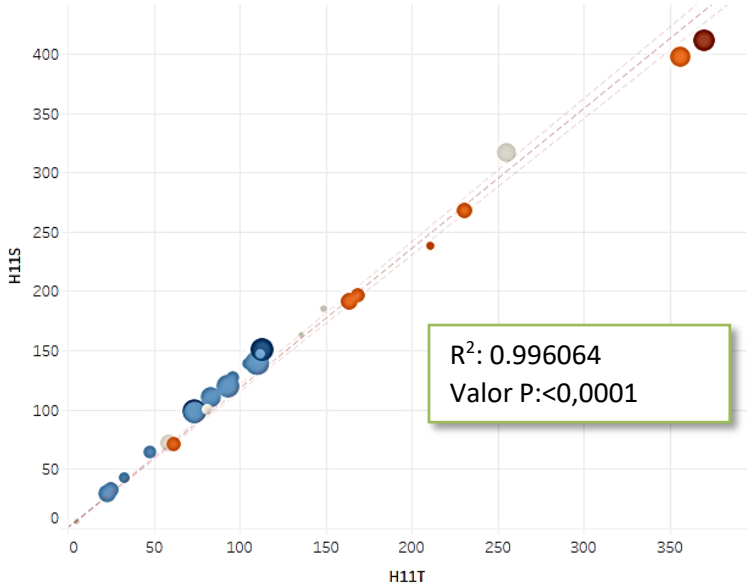

Intersección
Av 6 de Diciembre y Capitán Ramón B..
Av 10 de Agosto y Av Atahualpa
Av Amagasi del Inca y De los Guayaca..
Av Amazonas y Alfonso Pereira
Av Amazonas y Naciones Unidas
Av Antonio José de Sucre y Flavio Alfa..
Av Antonio José de Sucre y José Migu..
Av Antonio José de Sucre y Manuel Va..
Av Antonio Jose de Sucre y Oe 10
Av Antonio José de Sucre y Rio Peripa
Av Brasil y Manuel Valdivieso
Av de la Prensa y Ángel Ludeña
Av de la Prensa y Zamora
Av de los Granados y 6 de Diciembre
Av de los Shyris y Naciones Unidas
Av de los Shyris y Rio Coca
Av de los Shyris y Tomas de Berlanga
Av Galo Plaza Lasso y Capitán Ramón ..
Av Gral Eloy Alfaro y Av Gaspar de Vill..
Av República y Av Atahualpa
Av Simón Bolívar y de las Azucenas
Calle Inti Raymi y Oe-11e
Calle Vargas y Oriente
Cristóbal Enríquez y Alonso Márquez
García Moreno y José Joaquín de Olm..
La Florida y Machala
Luis Tufiño y Av Galo Plaza Lasso
Machala y Av de la Prensa
Machala y Melchor de Valdez
Rumipamba y Av América
% Cobertura
70,0%
95,0%

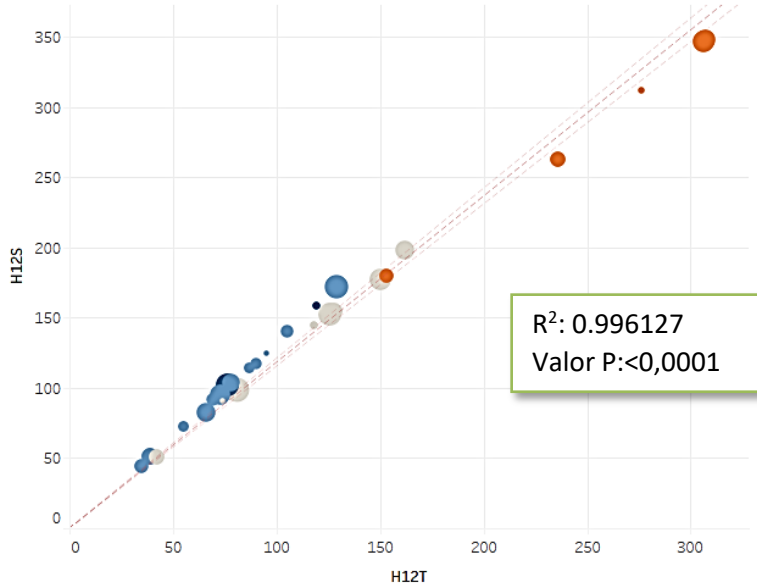

H5S
H5T
R²: 0.995589
Valor P:<0,0001
H6S
H6T
R²: 0.993778
Valor P:<0,0001
H7S
H7T
R²: 0.995598
Valor P:<0,0001
H8S
H8T
R²: 0.995884
Valor P:<0,0001
Intersección
Av 6 de Diciembre y Capitán Ramó..
Av 10 de Agosto y Av Atahualpa
Av Amagasi del Inca y De los Guay..
Av Amazonas y Alfonso Pereira
Av Amazonas y Naciones Unidas
Av Antonio José de Sucre y Flavio ..
Av Antonio José de Sucre y José ..
Av Antonio José de Sucre y Manue..
Av Antonio Jose de Sucre y Oe 10
Av Antonio José de Sucre y Rio Pe..
Av Brasil y Manuel Valdivieso
Av de la Prensa y Ángel Ludeña
Av de la Prensa y Zamora
Av de los Granados y 6 de Diciemb..
Av de los Shyris y Naciones Unidas
Av de los Shyris y Rio Coca
Av de los Shyris y Tomas de Berla..
Av Galo Plaza Lasso y Capitán Ra..
Av Gral Eloy Alfaro y Av Gaspar d..
Av República y Av Atahualpa
Av Simón Bolívar y de las Azucenas
Calle Inti Raymi y Oe-11e
Calle Vargas y Oriente
Cristóbal Enríquez y Alonso Márq..
García Moreno y José Joaquín de ..
La Florida y Machala
Luis Tufiño y Av Galo Plaza Lasso
Machala y Av de la Prensa
Machala y Melchor de Valdez
Rumipamba y Av América
% Cobertura
70,0%
95,0%


H9S
H9T
0
50
100
150
200
250
300
R^2: 0.995617
Valor P:<0,0001


H10S
H10T
0
50
100
150
200
250
300
R^2: 0.996962
Valor P:<0,0001


Intersección
Av 6 de Diciembre y Capitán Ramón..
Av 10 de Agosto y Av Atahualpa
Av Amagasi del Inca y De los Guaya..
Av Amazonas y Alfonso Pereira
Av Amazonas y Naciones Unidas
Av Antonio José de Sucre y Flavio A..
Av Antonio José de Sucre y José Mi..
Av Antonio José de Sucre y Manuel ..
Av Antonio Jose de Sucre y Oe 10
Av Antonio José de Sucre y Rio Peri..
Av Brasil y Manuel Valdivieso
Av de la Prensa y Ángel Ludeña
Av de la Prensa y Zamora
Av de los Granados y 6 de Diciembre
Av de los Shyris y Naciones Unidas
Av de los Shyris y Rio Coca
Av de los Shyris y Tomas de Berlan..
Av Galo Plaza Lasso y Capitán Ram..
Av Gral Eloy Alfaro y Av Gaspar de ..
Av República y Av Atahualpa
Av Simón Bolívar y de las Azucenas
Calle Inti Raymi y Oe-11e
Calle Vargas y Oriente
Cristóbal Enríquez y Alonso Márqu..
García Moreno y José Joaquín de O..
La Florida y Machala
Luis Tufiño y Av Galo Plaza Lasso
Machala y Av de la Prensa
Machala y Melchor de Valdez
Rumipamba y Av América
%Cobertura
70,0%
95,0%


H11S
H11T
0
50
100
150
200
250
300
350
400
R^2: 0.996064
Valor P:<0,0001


H12S
H12T
0
50
100
150
200
250
300
350
R^2: 0.996127
Valor P:<0,0001

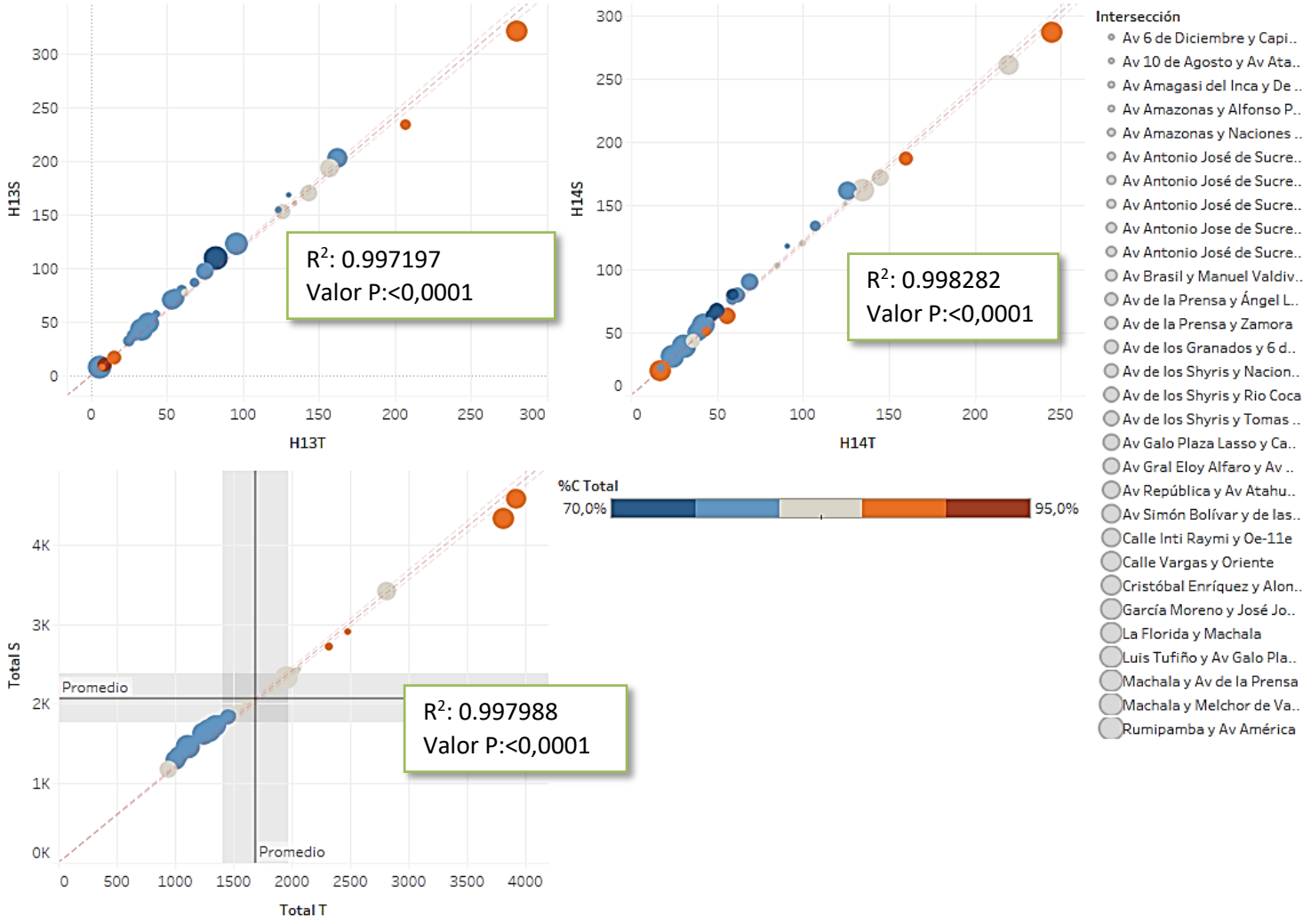


Gráfico 14. Diagrama de dispersión de situaciones de congestión tuits-sensores por intersección y día

4.4.2. Prueba de hipótesis 2

En función de probar la hipótesis 2, «el número de congestiones detectadas únicamente a través de redes sociales en lugares sin sensores de flujo vehicular instalados cubre un porcentaje significativo del total de congestiones registradas en esos lugares por el Centro de Movilidad en los periodos de recogida de datos», la presente sección muestra información del porcentaje de cobertura de tuits por intersección, día de la semana y hora. La misma que se define como el porcentaje de casos de congestión detectado por los tuits respecto a los casos de congestión registrados por el Centro de Movilidad, identificados mediante reportes de los agentes de tráfico.

Para corroborar que existe una cobertura significativa de los tuits, evaluamos la correlación entre estos y los casos de congestión registrados mediante diagramas de dispersión para cada día de la semana y hora por intersección.

a) Porcentaje de cobertura en lugares sin sensores de flujo vehicular por intersección y día

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el porcentaje de cobertura de los tuits en cada intersección para todos los días de la semana, en donde no se encuentran instalados sensores de volumen de tráfico. El gráfico muestra que la intersección que registra más porcentaje de cobertura es la avenida Río Coca con calle Isla Genovesa, perteneciente a la parroquia Jipijapa, con un 93,7 %, lo cual es razonable, pues la mayoría de instituciones privadas se encuentran en esta parroquia. De manera contraria, se puede mencionar que la intersección con menor cobertura registrada es la de calle Vargas y Manabí, perteneciente al sector de El Condado, con un 91,8 %, coincidiendo con el análisis realizado por parroquia.

Se puede ver también que los días con mayor porcentaje de cobertura son miércoles, sábado y domingo con casi un 100 % de todas las interacciones; esto se debe a que las pocas situaciones de congestión en lugares sin sensores de flujo vehicular concuerda con la cantidad de tuits generados en las parroquias; el lunes es el de menor cobertura con un 89,6 %, en la intersección de la avenida Diego de Vaca con José Miguel Carrión, perteneciente a la parroquia El Condado. La razón de ello se encuentra en el análisis de parroquias con menor cobertura, realizada en los epígrafes anteriores.

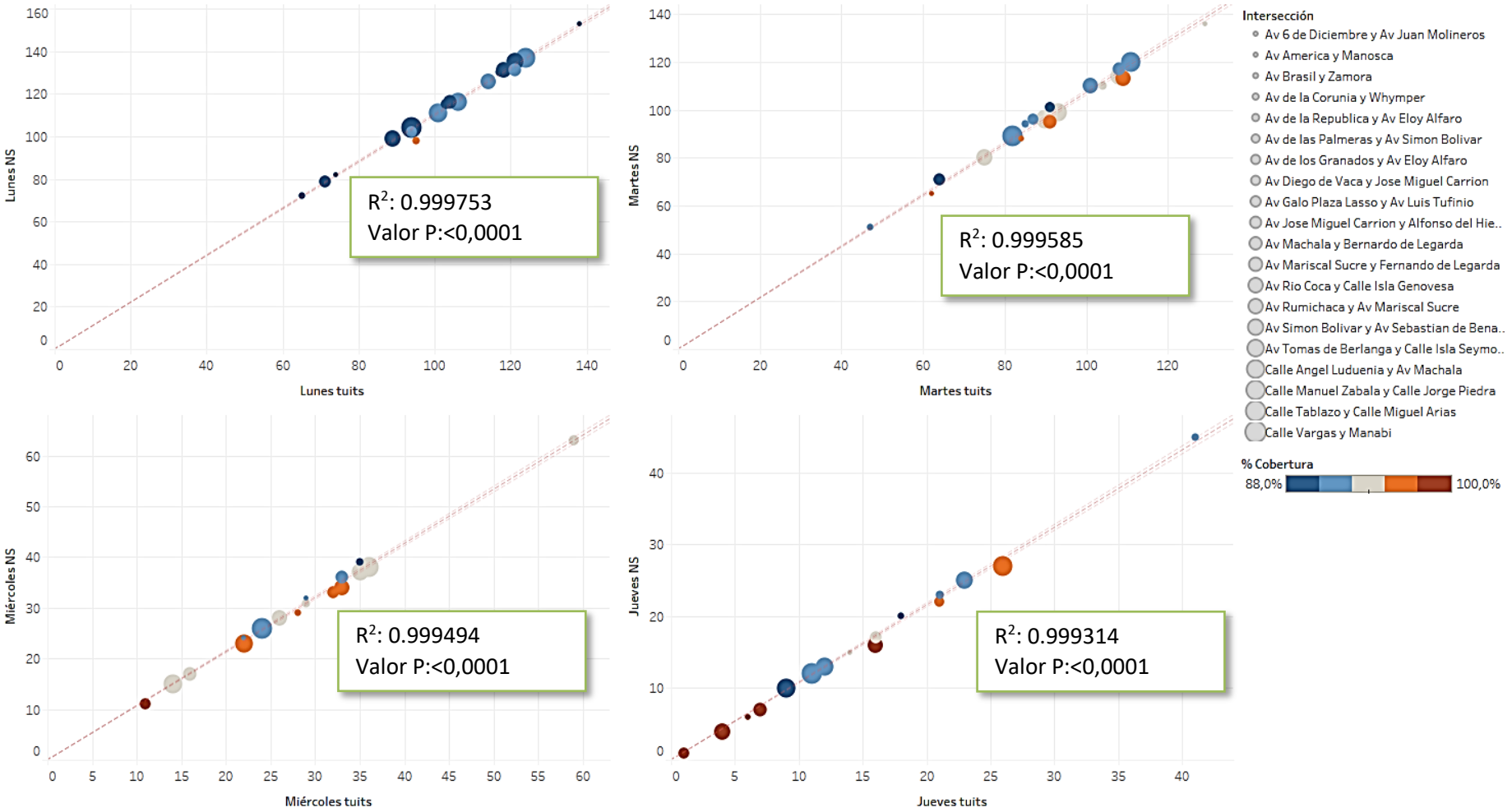
El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la correlación entre las situaciones de congestión detectadas en cada intersección por los tuits y las situaciones de congestión detectadas en lugares donde no existen sensores de flujo vehicular, por días de la semana. En todos los casos representados podemos observar que se verifica una relación lineal dada por el modelo de tendencia calculado, siendo los valores de R^2 valores muy cercanos a la unidad y el valor de $p<0,05$ y por tanto valores significativos al 95 % de confianza. La recta de tendencia generada para cada caso se ajusta de forma significativa a la recta $y = x$, donde y representa la cantidad de casos de congestión recogidos por los agentes de tránsito, y x representa los casos de congestión cubiertos por los tuits.

Tabla 19. Cobertura de tuits en lugares sin sensores de flujo vehicular por intersección y día

Intersección	LT	L NS	%CL	MT	M	%CM	MT	MNS	%CM	JT	JS	%CJ	VT	VNS	%CV	ST	SNS	%CS	DT	DNS	%CD	TT	TNS	%CT
Av Rio Coca y Calle Isla Genovesa	118	131	90,1	109	113	96,5	33	34	97,1	23	25	92,0	43	45	95,6	8	8	100,0	9	10	90,0	343	366	93,7
Av Mariscal Sucre y Fernando de Legarda	104	116	89,7	91	95	95,8	16	17	94,1	7	7	100,0	26	27	96,3	3	3	100,0	2	2	100,0	249	267	93,3
Av Brasil y Zamora	102	112	91,1	84	88	95,5	14	15	93,3	6	6	100,0	24	26	92,3	3	3	100,0	2	2	100,0	235	252	93,3
Calle Angel Luduenia y Av Machala	106	116	91,4	93	99	93,9	22	23	95,7	12	13	92,3	32	34	94,1	3	3	100,0	2	2	100,0	270	290	93,1
Av de las Palmeras y Av Simon Bolivar	117	130	90,0	104	110	94,5	29	31	93,5	21	23	91,3	41	42	97,6	4	4	100,0	5	5	100,0	321	345	93,0
Av Tomas de Berlanga y Calle Isla Seymour	121	135	89,6	108	114	94,7	35	37	94,6	23	25	92,0	45	47	95,7	8	8	100,0	6	6	100,0	346	372	93,0
Av Machala y Bernardo de Legarda	121	131	92,4	108	117	92,3	33	36	91,7	23	25	92,0	43	44	97,7	8	8	100,0	9	10	90,0	345	371	93,0
Calle Tablazo y Calle Miguel Arias	124	137	90,5	111	120	92,5	36	38	94,7	26	27	96,3	46	48	95,8	11	12	91,7	12	12	100,0	366	394	92,9
Av Simon Bolivar y Av Sebastian de Benalcazar	89	99	89,9	75	80	93,8	14	15	93,3	4	4	100,0	24	25	96,0	8	8	100,0	7	7	100,0	221	238	92,9
Av 6 de Diciembre y Av Juan Molineros	138	153	90,2	129	136	94,9	29	32	90,6	18	20	90,0	42	43	97,7	3	3	100,0	2	2	100,0	361	389	92,8
Av de la Republica y Av Eloy Alfaro	95	98	96,9	85	94	90,4	35	39	89,7	41	45	91,1	43	48	89,6	10	10	100,0	11	11	100,0	320	345	92,8
Av Rumichaca y Av Mariscal Sucre	114	126	90,5	101	110	91,8	26	28	92,9	16	16	100,0	36	37	97,3	1	1	100,0	2	2	100,0	296	320	92,5
Av Galo Plaza Lasso y Av Luis Tufinio	94	102	92,2	87	96	90,6	11	11	100,0	1	1	100,0	21	22	95,5	4	4	100,0	3	3	100,0	221	239	92,5
Calle Manuel Zabala y Calle Jorge Piedra	101	111	91,0	90	96	93,8	14	15	93,3	9	10	90,0	24	26	92,3	5	5	100,0	1	1	100,0	244	264	92,4
Av America y Manosca	74	82	90,2	62	65	95,4	22	24	91,7	14	15	93,3	27	30	90,0	9	10	90,0	8	8	100,0	216	234	92,3
Av Jose Miguel Carrion y Alfonso del Hierro	71	79	89,9	64	71	90,1	32	33	97,0	16	17	94,1	23	24	95,8	2	2	100,0	6	6	100,0	214	232	92,2
Av de los Granados y Av Eloy Alfaro	114	125	91,2	101	110	91,8	26	28	92,9	16	17	94,1	36	38	94,7	1	1	100,0	2	2	100,0	296	321	92,2
Av Diego de Vaca y Jose Miguel Carrion	103	115	89,6	91	101	90,1	59	63	93,7	21	22	95,5	44	46	95,7	7	7	100,0	5	5	100,0	330	359	91,9
Av de la Corunia y Whymper	65	72	90,3	47	51	92,2	28	29	96,6	18	20	90,0	28	31	90,3	5	5	100,0	2	2	100,0	193	210	91,9
Calle Vargas y Manabi	94	104	90,4	82	89	92,1	24	26	92,3	11	12	91,7	17	18	94,4	5	5	100,0	3	3	100,0	236	257	91,8

Notación

- Lunes L, Martes M, Miércoles M, Jueves J, Viernes V
- T Tweets, S Sensores
- %C Porcentaje de Cobertura
- TT Totales Tweets
- TNS Total no sensores
- NS No sensores


Lunes NS
Lunes tuits
R²: 0.999753
Valor P:<0,0001
Martes NS
Martes tuits
R²: 0.999585
Valor P:<0,0001
Miércoles NS
Miércoles tuits
R²: 0.999494
Valor P:<0,0001
Jueves NS
Jueves tuits
R²: 0.999314
Valor P:<0,0001
Intersección
Av 6 de Diciembre y Av Juan Molineros
Av America y Manosca
Av Brasil y Zamora
Av de la Corunia y Whymper
Av de la Republica y Av Eloy Alfaro
Av de las Palmeras y Av Simon Bolivar
Av de los Granados y Av Eloy Alfaro
Av Diego de Vaca y Jose Miguel Carrion
Av Galo Plaza Lasso y Av Luis Tufinio
Av Jose Miguel Carrion y Alfonso del Hie..
Av Machala y Bernardo de Legarda
Av Mariscal Sucre y Fernando de Legarda
Av Rio Coca y Calle Isla Genovesa
Av Rumichaca y Av Mariscal Sucre
Av Simon Bolivar y Av Sebastian de Bena..
Av Tomas de Berlanga y Calle Isla Seymo..
Calle Angel Luduenia y Av Machala
Calle Manuel Zabala y Calle Jorge Piedra
Calle Tablazo y Calle Miguel Arias
Calle Vargas y Manabi
% Cobertura
88,0%
100,0%

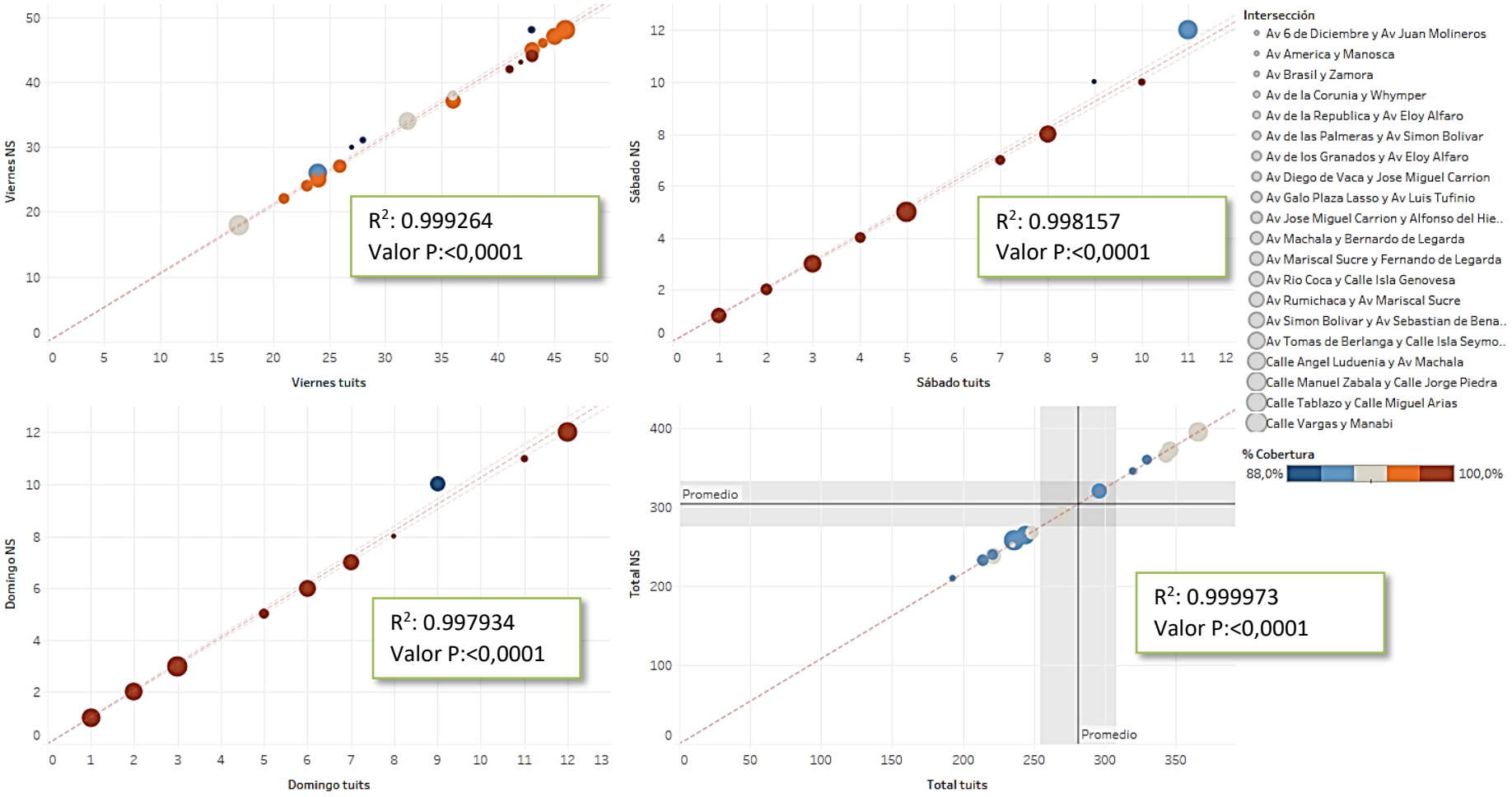


Gráfico 15. Diagrama de dispersión de situaciones de congestión tuits-no sensores por intersección y día

b) Porcentaje de cobertura en lugares sin sensores de flujo vehicular por intersección y hora

La ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. muestra el porcentaje de cobertura de los tuits en cada intersección en lugares en donde no existen sensores de volumen de tráfico. Se puede mencionar que, de igual manera, en el análisis de los días, el mayor porcentaje de cobertura se registró en la intersección de la avenida Río Coca con la calle Isla Genovesa en la parroquia Jipijapa con un 93,7 %, y la de menor cobertura se registró en la de calle Vargas y Manabí, perteneciente a la parroquia El Condado, con un 91,8 %, por cada hora comprendida en el intervalo de 07:00 a 21:00, como se vio en los resultados del análisis realizado por parroquia.

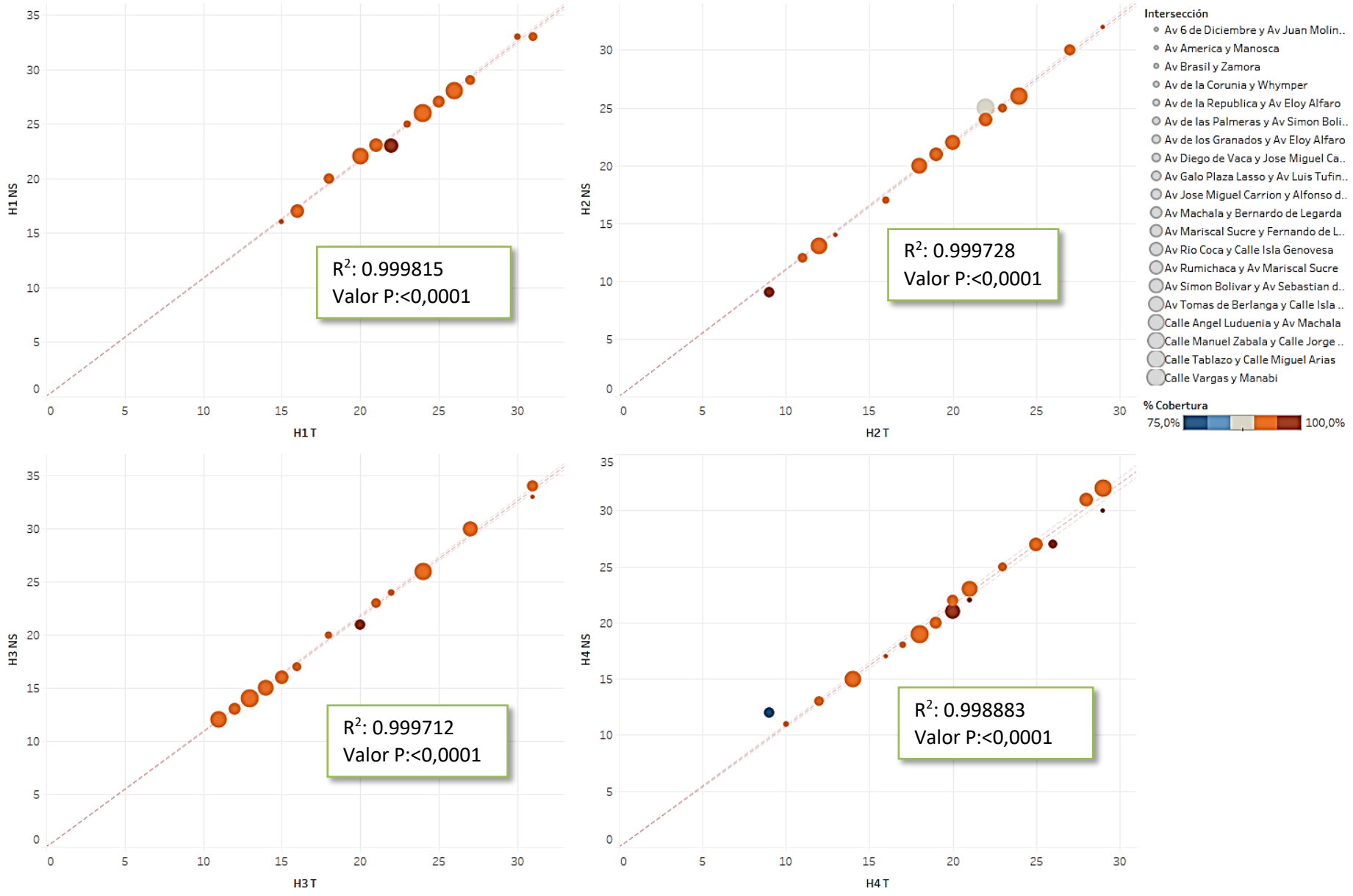
Haciendo el análisis por hora mencionamos también que la hora en la cual se registra un mayor porcentaje de cobertura es H14 (20:00 a 21:00) y H6 (12:00 a 13:00), los dos porcentajes más elevados se registran en intersecciones pertenecientes a la parroquia El Condado, con un 100 %. De manera análoga, podemos mencionar que las horas que menor cobertura registran es H13 (19:00 a 20:00) en la intersección de la avenida de los Granados y la avenida Eloy Alfaro, la razón es que estas intersecciones se encuentran en un sector en el cual hay, es este horario, poca afluencia de gente, pues es considerada zona peligrosa.

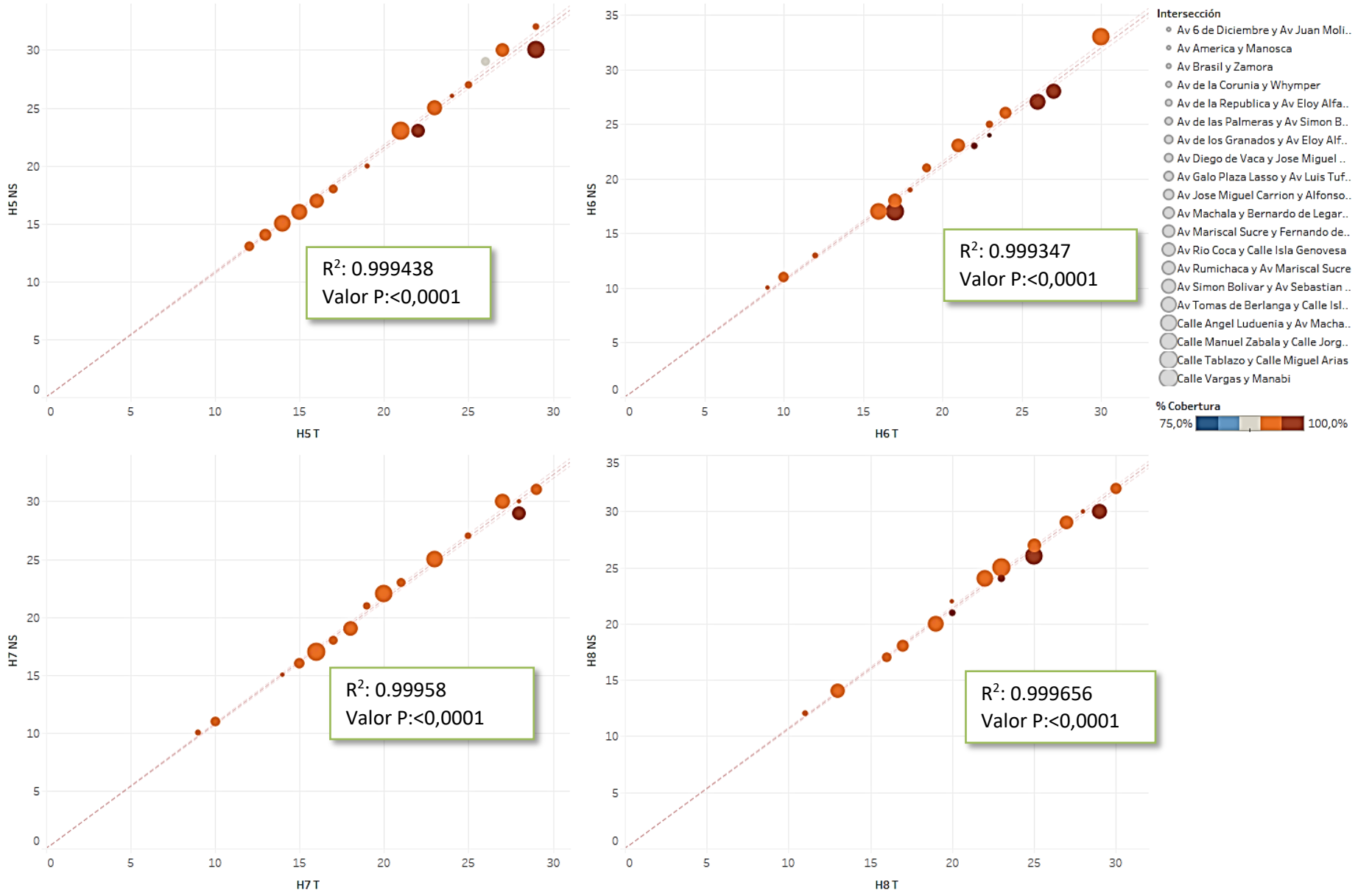
El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la correlación entre las situaciones de congestión detectadas en cada intersección por los tuits y las situaciones de congestión recogidas por el Centro de Gestión de la Movilidad a través de los agentes de tránsito por días de la semana. En todos los casos representados podemos observar que se verifica una relación lineal dada por el modelo de tendencia calculado, siendo los valores de R^2 valores muy cercanos a la unidad y el valor de $p<0,05$ y, por tanto, valores significativos al 95 % de confianza. La recta de tendencia generada para cada caso se ajusta de forma significativa a la recta $y = x$, donde y representa la cantidad de casos de congestión, y x representa los casos de congestión cubiertos por los tuits.

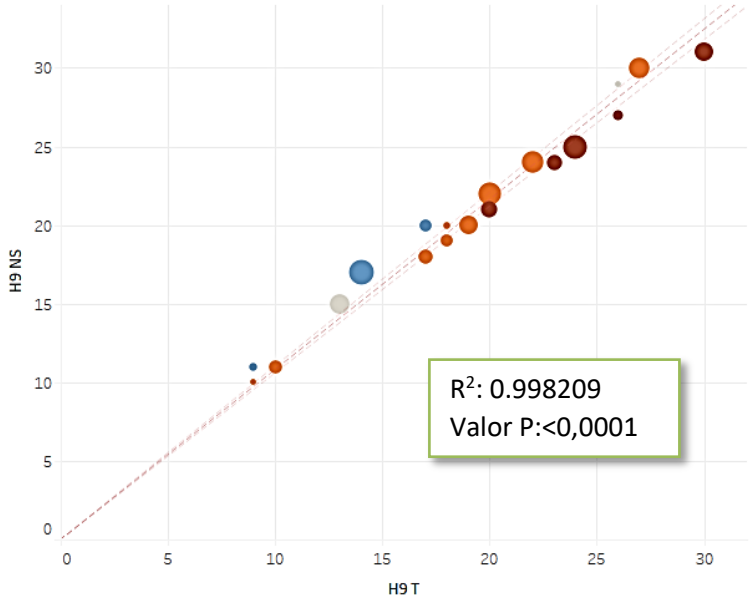
Tabla 20. Cobertura de tuits por intersección y hora

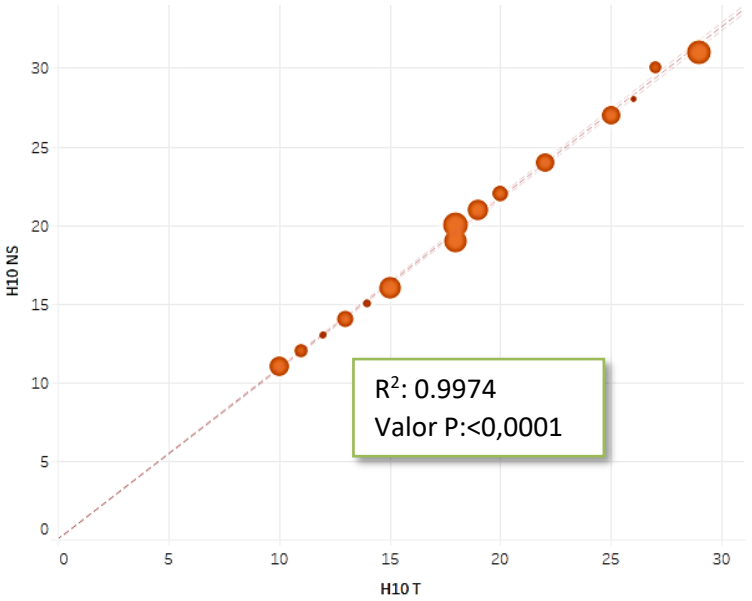
Intersección	H1 T	H1 NS	%CH1	H2 T	H2 NS	%CH2	H3 T	H3 NS	%C H3	H4 T	H4 NS	%C H4	H5 T	H5 NS	%C H5	H6 T	H6 NS	%C H6	H7 T	H7 NS
Av Rio Coca y Calle Isla Genovesa	21	23	91,3	19	21	90,5	24	26	92,3	28	31	90,3	22	23	95,7	21	23	91,3	28	29
Av Mariscal Sucre y Fernando de Legarda	25	27	92,6	20	22	90,9	12	13	92,3	19	20	95,0	13	14	92,9	24	26	92,3	18	19
Av Brasil y Zamora	15	16	93,8	18	20	90,0	14	15	93,3	21	22	95,5	19	20	95,0	18	19	94,7	17	18
Calle Angel Luduenia y Av Machala	24	26	92,3	18	20	90,0	14	15	93,3	21	23	91,3	15	16	93,8	26	27	96,3	20	22
Av de las Palmeras y Av Simon Bolivar	23	25	92,0	16	17	94,1	18	20	90,0	28	31	90,3	25	27	92,6	23	25	92,0	19	21
Av Tomas de Berlanga y Calle Isla Seymour	24	26	92,3	20	22	90,9	27	30	90,0	20	21	95,2	23	25	92,0	27	28	96,4	27	30
Av Machala y Bernardo de Legarda	21	23	91,3	27	30	90,0	31	34	91,2	20	22	90,9	22	23	95,7	26	27	96,3	29	31
Calle Tablazo y Calle Miguel Arias	26	28	92,9	24	26	92,3	24	26	92,3	29	32	90,6	29	30	96,7	30	33	90,9	20	22
Av Simon Bolivar y Av Sebastian de Benalcazar	22	23	95,7	18	20	90,0	14	15	93,3	21	23	91,3	16	17	94,1	16	17	94,1	18	19
Av 6 de Diciembre y Av Juan Molineros	24	26	92,3	29	32	90,6	31	33	93,9	29	30	96,7	24	26	92,3	23	24	95,8	28	30
Av de la Republica y Av Eloy Alfaro	30	33	90,9	24	26	92,3	22	24	91,7	17	18	94,4	29	32	90,6	22	23	95,7	25	27
Av Rumichaca y Av Mariscal Sucre	16	17	94,1	22	24	91,7	15	16	93,8	25	27	92,6	27	30	90,0	17	18	94,4	18	19
Av Galo Plaza Lasso y Av Luis Tufinio	27	29	93,1	11	12	91,7	21	23	91,3	12	13	92,3	12	13	92,3	17	18	94,4	10	11
Calle Manuel Zabala y Calle Jorge Piedra	20	22	90,9	12	13	92,3	11	12	91,7	14	15	93,3	14	15	93,3	16	17	94,1	23	25
Av America y Manosca	18	20	90,0	13	14	92,9	15	16	93,8	16	17	94,1	21	23	91,3	9	10	90,0	14	15
Av Jose Miguel Carrion y Alfonso del Hierro	18	20	90,0	9	9	100,0	20	21	95,2	9	12	75,0	15	16	93,8	10	11	90,9	15	16
Av de los Granados y Av Eloy Alfaro	27	29	93,1	23	25	92,0	16	17	94,1	26	27	96,3	17	18	94,4	24	26	92,3	17	18
Av Diego de Vaca y Jose Miguel Carrion	31	33	93,9	20	22	90,9	27	30	90,0	23	25	92,0	26	29	89,7	19	21	90,5	21	23
Av de la Corunia y Whymper	23	25	92,0	20	22	90,9	14	15	93,3	10	11	90,9	14	15	93,3	12	13	92,3	9	10
Calle Vargas y Manabi	24	26	92,3	22	25	88,0	13	14	92,9	18	19	94,7	21	23	91,3	17	17	100,0	16	17

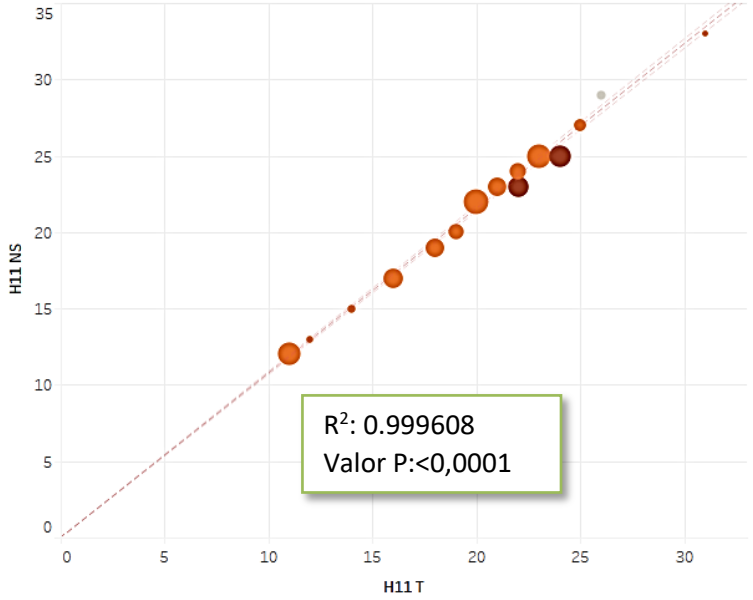
Intersección	H8 T	H8 NS	%CH 8	H9 T	H9 NS	%CH 9	H10 T	H10 NS	%C H10	H1 1 T	H11 NS	%C H11	H12 T	H12 NS	%C H12	H13 T	H13 NS	%C H13	H14 T	H14 NS	%C H14	TT	TNS	%CT
Av Rio Coca y Calle Isla Genovesa	27	29	93,1	30	31	96,8	25	27	92,6	21	23	91,3	22	23	95,7	30	31	96,8	25	26	96,2	343	366	93,7
Av Mariscal Sucre y Fernando de Legarda	17	18	94,4	20	21	95,2	13	14	92,9	22	24	91,7	15	16	93,8	14	15	93,3	17	18	94,4	249	267	93,3
Av Brasil y Zamora	23	24	95,8	18	20	90,0	12	13	92,3	12	13	92,3	13	14	92,9	16	17	94,1	19	21	90,5	235	252	93,3
Calle Angel Luduenia y Av Machala	19	20	95,0	22	24	91,7	15	16	93,8	24	25	96,0	17	18	94,4	16	17	94,1	19	21	90,5	270	290	93,1
Av de las Palmeras y Av Simon Bolivar	23	24	95,8	26	27	96,3	18	19	94,7	21	23	91,3	28	29	96,6	27	28	96,4	26	29	89,7	321	345	93,0
Av Tomas de Berlanga y Calle Isla Seymour	29	30	96,7	27	30	90,0	19	21	90,5	22	23	95,7	27	28	96,4	30	32	93,8	24	26	92,3	346	372	93,0
Av Machala y Bernardo de Legarda	30	32	93,8	23	24	95,8	20	22	90,9	19	20	95,0	25	27	92,6	28	31	90,3	24	25	96,0	345	371	93,0
Calle Tablazo y Calle Miguel Arias	25	26	96,2	24	25	96,0	29	31	93,5	23	25	92,0	25	27	92,6	28	30	93,3	30	33	90,9	366	394	92,9
Av Simon Bolivar y Av Sebastian de Benalcazar	13	14	92,9	13	15	86,7	10	11	90,9	16	17	94,1	11	12	91,7	16	17	94,1	17	18	94,4	221	238	92,9
Av 6 de Diciembre y Av Juan Molineros	28	30	93,3	26	29	89,7	26	28	92,9	31	33	93,9	26	29	89,7	22	24	91,7	14	15	93,3	361	389	92,8
Av de la Republica y Av Eloy Alfaro	20	21	95,2	20	22	90,9	19	21	90,5	26	29	89,7	29	30	96,7	18	19	94,7	19	20	95,0	320	345	92,8
Av Rumichaca y Av Mariscal Sucre	25	27	92,6	19	20	95,0	22	24	91,7	18	19	94,7	27	29	93,1	25	27	92,6	20	23	87,0	296	320	92,5
Av Galo Plaza Lasso y Av Luis Tufinio	16	17	94,1	10	11	90,9	11	12	91,7	20	22	90,9	18	19	94,7	21	23	91,3	15	16	93,8	221	239	92,5
Calle Manuel Zabala y Calle Jorge Piedra	22	24	91,7	20	22	90,9	18	19	94,7	11	12	91,7	23	25	92,0	20	21	95,2	20	22	90,9	244	264	92,4
Av America y Manosca	20	22	90,9	9	10	90,0	12	13	92,3	14	15	93,3	21	22	95,5	15	16	93,8	19	21	90,5	216	234	92,3
Av Jose Miguel Carrion y Alfonso del Hierro	13	14	92,9	17	18	94,4	20	22	90,9	16	17	94,1	20	22	90,9	18	19	94,7	14	15	93,3	214	232	92,2
Av de los Granados y Av Eloy Alfaro	23	25	92,0	17	20	85,0	27	30	90,0	25	27	92,6	17	18	94,4	19	22	86,4	18	19	94,7	296	321	92,2
Av Diego de Vaca y Jose Miguel Carrion	22	24	91,7	18	19	94,7	20	22	90,9	22	24	91,7	25	27	92,6	29	30	96,7	27	30	90,0	330	359	91,9
Av de la Corunia y Whymper	11	12	91,7	9	11	81,8	14	15	93,3	14	15	93,3	16	17	94,1	17	18	94,4	10	11	90,9	193	210	91,9
Calle Vargas y Manabi	23	25	92,0	14	17	82,4	18	20	90,0	20	22	90,9	15	16	93,8	14	15	93,3	1	1	100,0	236	257	91,8

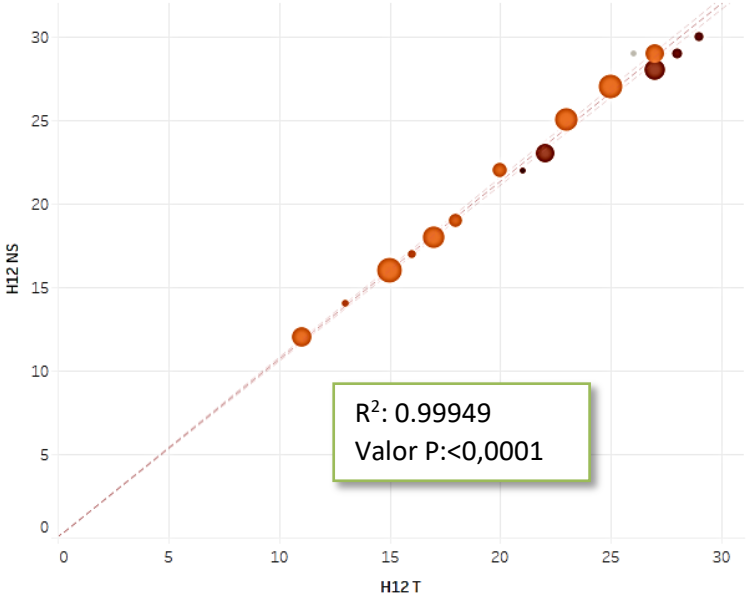

H1 NS
H1 T
R²: 0.999815
Valor P:<0,0001
H2 NS
H2 T
R²: 0.999728
Valor P:<0,0001
H3 NS
H3 T
R²: 0.999712
Valor P:<0,0001
H4 NS
H4 T
R²: 0.998883
Valor P:<0,0001
Intersección
Av 6 de Diciembre y Av Juan Molin..
Av America y Manosca
Av Brasil y Zamora
Av de la Corunia y Whymper
Av de la Republica y Av Eloy Alfaro
Av de las Palmeras y Av Simon Boli..
Av de los Granados y Av Eloy Alfaro
Av Diego de Vaca y Jose Miguel Ca..
Av Galo Plaza Lasso y Av Luis Tufin..
Av Jose Miguel Carrion y Alfonso d..
Av Machala y Bernardo de Legarda
Av Mariscal Sucre y Fernando de L..
Av Rio Coca y Calle Isla Genovesa
Av Rumichaca y Av Mariscal Sucre
Av Simon Bolivar y Av Sebastian d..
Av Tomas de Berlanga y Calle Isla ..
Calle Angel Luduenia y Av Machala
Calle Manuel Zabala y Calle Jorge ..
Calle Tablazo y Calle Miguel Arias
Calle Vargas y Manabi
% Cobertura
75,0%
100,0%


H5 NS
H5 T
R2: 0.999438
Valor P:<0,0001
H6 NS
H6 T
R2: 0.999347
Valor P:<0,0001
Intersección
Av 6 de Diciembre y Av Juan Moli..
Av America y Manosca
Av Brasil y Zamora
Av de la Corunia y Whymper
Av de la Republica y Av Eloy Alfa..
Av de las Palmeras y Av Simon B..
Av de los Granados y Av Eloy Alf..
Av Diego de Vaca y Jose Miguel ..
Av Galo Plaza Lasso y Av Luis Tuf..
Av Jose Miguel Carrion y Alfonso..
Av Machala y Bernardo de Legar..
Av Mariscal Sucre y Fernando de..
Av Rio Coca y Calle Isla Genovesa
Av Rumichaca y Av Mariscal Sucre
Av Simon Bolivar y Av Sebastian ..
Av Tomas de Berlanga y Calle Isl..
Calle Angel Luduenia y Av Macha..
Calle Manuel Zabala y Calle Jorg..
Calle Tablazo y Calle Miguel Arias
Calle Vargas y Manabi
% Cobertura
75,0%
100,0%
H7 NS
H7 T
R2: 0.99958
Valor P:<0,0001
H8 NS
H8 T
R2: 0.999656
Valor P:<0,0001


H9 NS
H9 T
R²: 0.998209
Valor P:<0,0001


H10 NS
H10 T
R²: 0.9974
Valor P:<0,0001


H11 NS
H11 T
R²: 0.999608
Valor P:<0,0001


H12 NS
H12 T
R²: 0.99949
Valor P:<0,0001

Intersección
Av 6 de Diciembre y Av Juan Molineros
Av America y Manosca
Av Brasil y Zamora
Av de la Corunia y Whymper
Av de la Republica y Av Eloy Alfaro
Av de las Palmeras y Av Simon Bolivar
Av de los Granados y Av Eloy Alfaro
Av Diego de Vaca y Jose Miguel Carrion
Av Galo Plaza Lasso y Av Luis Tufinio
Av Jose Miguel Carrion y Alfonso del Hi..
Av Machala y Bernardo de Legarda
Av Mariscal Sucre y Fernando de Legarda
Av Rio Coca y Calle Isla Genovesa
Av Rumichaca y Av Mariscal Sucre
Av Simon Bolivar y Av Sebastian de Ben..
Av Tomas de Berlanga y Calle Isla Seym..
Calle Angel Luduenia y Av Machala
Calle Manuel Zabala y Calle Jorge Piedra
Calle Tablazo y Calle Miguel Arias
Calle Vargas y Manabi
%Cobertura
75,0%
100,0%

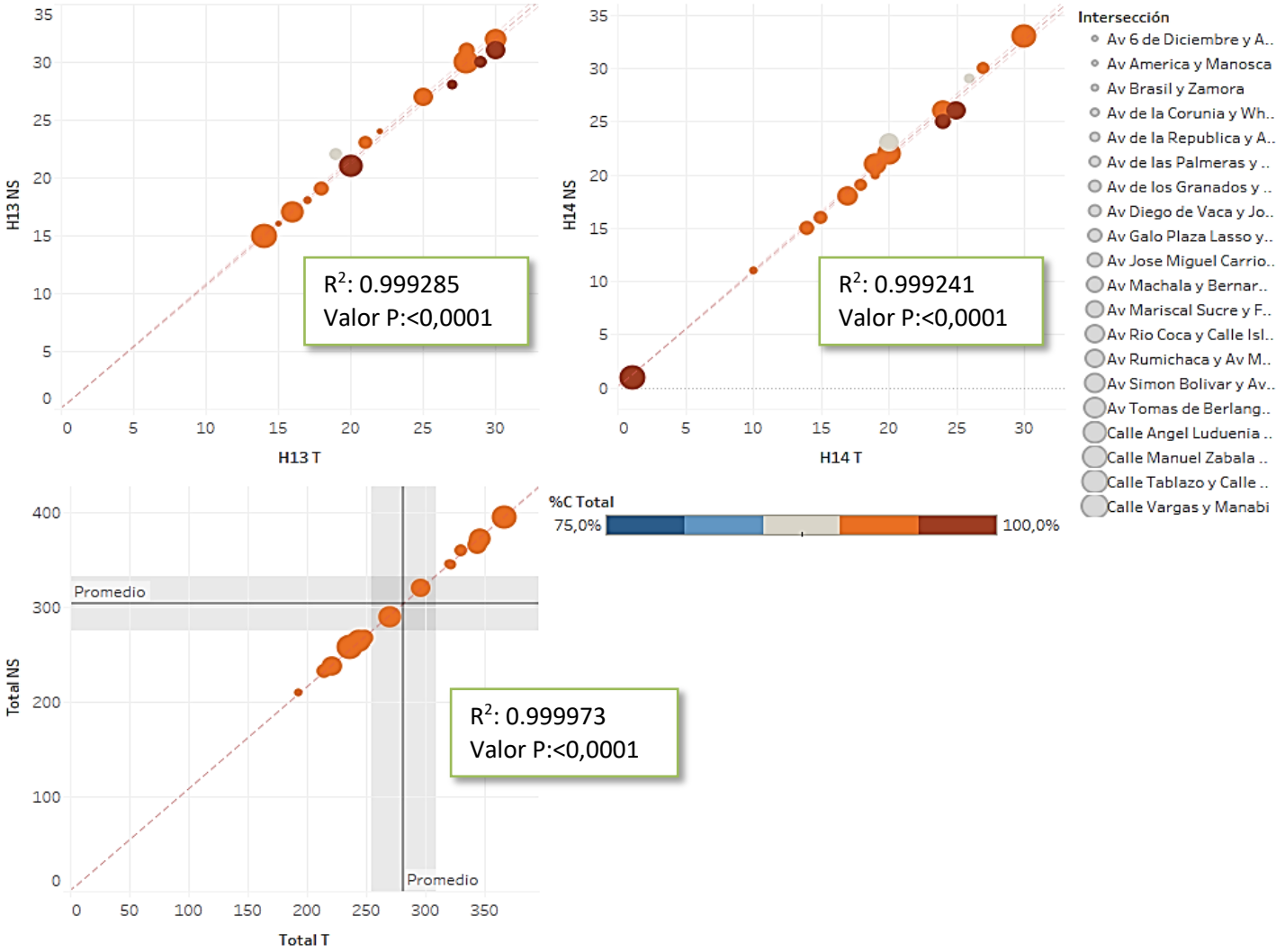


Gráfico 16. Diagrama de dispersión de situaciones de congestión tuits-no sensores por intersección y hora

4.4.3. Prueba de hipótesis 3

En función de probar la hipótesis 3, «la información procesada únicamente de tuits relacionados con el tráfico en la ciudad de Quito pero que no incorporan las etiquetas gubernamentales #TraficoUIO, #ViasAlternasUIO, #MovilidadUIO y #RadaresUIO permite detectar un número significativo de situaciones de congestión vehicular». La presente sección muestra información del porcentaje de cobertura de tuits por intersección, día de la semana y hora, que se define como el porcentaje de casos de congestión detectado por los tuits respecto a los casos de congestión registrados por los sensores.

Con la finalidad de verificar la hipótesis planteada se realizó un estudio de los 85 983 tuits de tráfico vehicular. Como resultado se determinó que 21 605 tuits provienen de palabras clave y 64 378 provienen de etiquetas.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra un resumen de la información obtenida de los 21 605 tuits provenientes de palabras clave. La columna «Situaciones de congestión» muestra el número de situaciones de congestión vehicular detectada por los sensores, que se complementa con la columna «Número de tuits», que muestra la cantidad de tuits que reportan una situación de congestión vehicular. Así, 4976 situaciones de congestión no fueron detectadas por ningún tuit, de la misma manera se puede apreciar que dos tuits, por ejemplo, reportaron cada una de las 2249 situaciones de congestión vehicular, obteniéndose un total de 4498 tuits asociados a los casos de congestión mencionados. Por último, podemos mencionar que se determinaron un total de 19 108 casos de congestión vehicular, de los cuales 14 132 fueron cubiertos por los tuits provenientes de palabras clave.

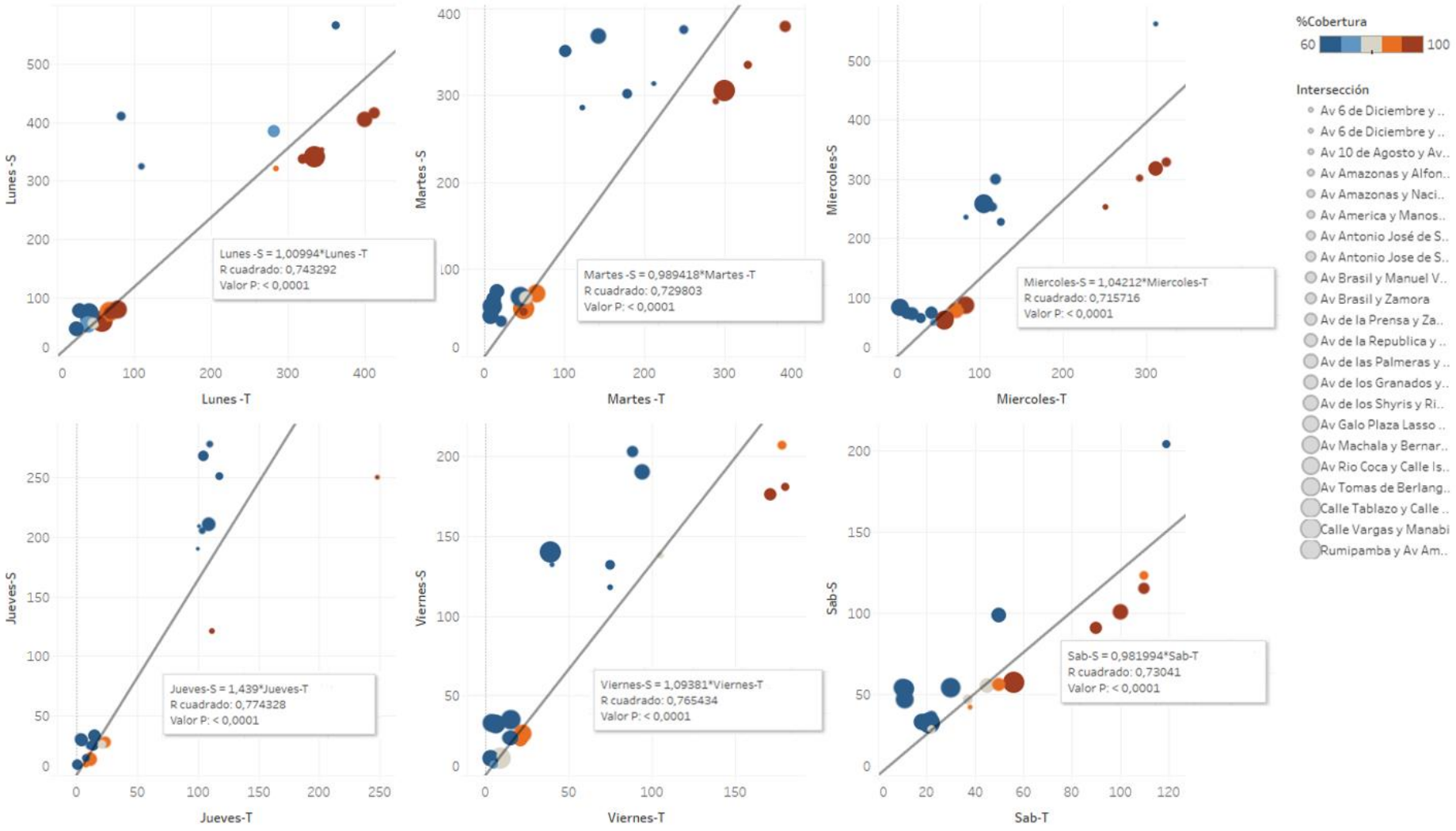
Tabla 21. Distribución de tuits sobre tráfico vehicular provenientes de palabras

Número de tuits	Situaciones de congestión	Total de tuits
0	4976	0
1	9746	9746
2	2249	4498
3	1187	3561
4	950	3800
Total	**19 108**	**21 605**

Los gráficos que siguen muestran la correlación con la información de casos de congestión vehicular registrados por los sensores y tuits provenientes de palabras clave, segmentada por intersecciones, días de la semana y horas. Se muestran, además, mediante escala de colores, los casos de congestión cubiertos por los tuits. Cabe mencionar que la nomenclatura y estilo de gráficos empleados en este estudio son los mismos que los usados en los análisis anteriores.

a) Casos de congestión cubiertos por tuits asociados a palabras clave, por días de la semana

En el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se muestra la correlación entre los casos de congestión vehicular registrados por los sensores y tuits provenientes de palabras clave, por días de la semana. Se puede observar que se verifica para todos los días de la semana una relación lineal dada por los modelos de tendencia calculados, siendo los valores de R^2 mayores a 0,70 y el valor de $p<0,05$ y, por tanto, valores significativos al 95 % de confianza. Además, se muestra el porcentaje de cobertura de los tuits en cada intersección, el cual varía desde el 60 % al 100 %, siendo el porcentaje de cobertura global de un 74 %.


Lunes -S
Lunes -T
Lunes -S = 1,00994*Lunes -T
R cuadrado: 0,743292
Valor P: < 0,0001
Martes -S
Martes -T
Martes -S = 0,989418*Martes -T
R cuadrado: 0,729803
Valor P: < 0,0001
Miercoles-S
Miercoles-T
Miercoles-S = 1,04212*Miercoles-T
R cuadrado: 0,715716
Valor P: < 0,0001
Jueves-S
Jueves-T
Jueves-S = 1,439*Jueves-T
R cuadrado: 0,774328
Valor P: < 0,0001
Viernes-S
Viernes-T
Viernes-S = 1,09381*Viernes-T
R cuadrado: 0,765434
Valor P: < 0,0001
Sab-S
Sab-T
Sab-S = 0,981994*Sab-T
R cuadrado: 0,73041
Valor P: < 0,0001
%Cobertura
60
100
Intersección
Av 6 de Diciembre y ..
Av 6 de Diciembre y ..
Av 10 de Agosto y Av..
Av Amazonas y Alfon..
Av Amazonas y Naci..
Av America y Manos..
Av Antonio José de S..
Av Antonio Jose de S..
Av Brasil y Manuel V..
Av Brasil y Zamora
Av de la Prensa y Za..
Av de la Republica y ..
Av de las Palmeras y ..
Av de los Granados y..
Av de los Shyris y Ri..
Av Galo Plaza Lasso ..
Av Machala y Bernar..
Av Rio Coca y Calle Is..
Av Tomas de Berlang..
Calle Tablazo y Calle ..
Calle Vargas y Manabi
Rumipamba y Av Am..

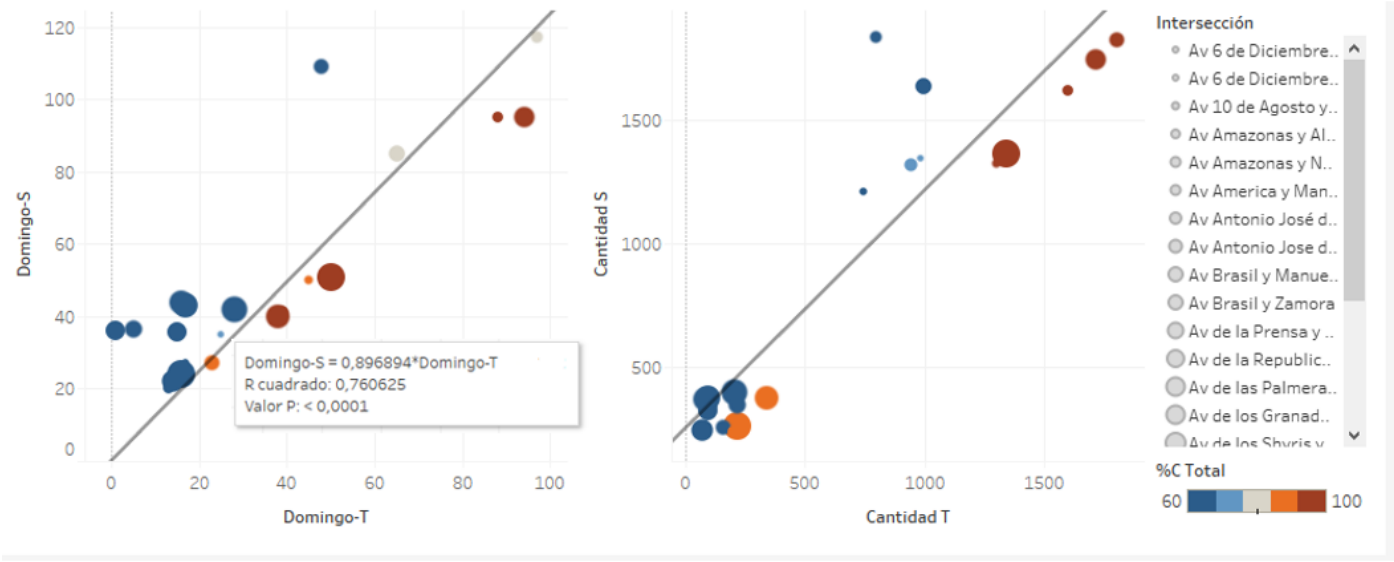
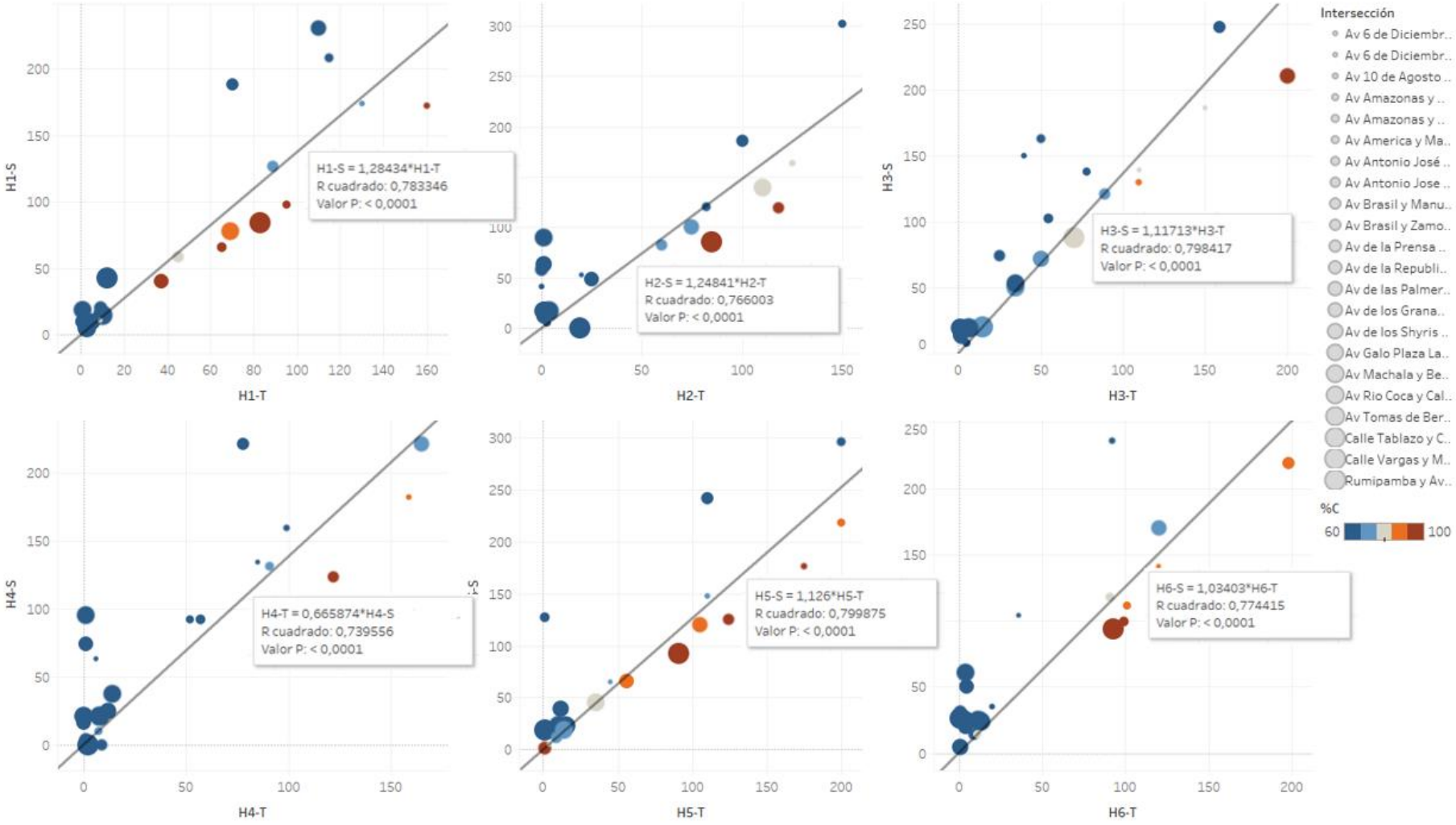
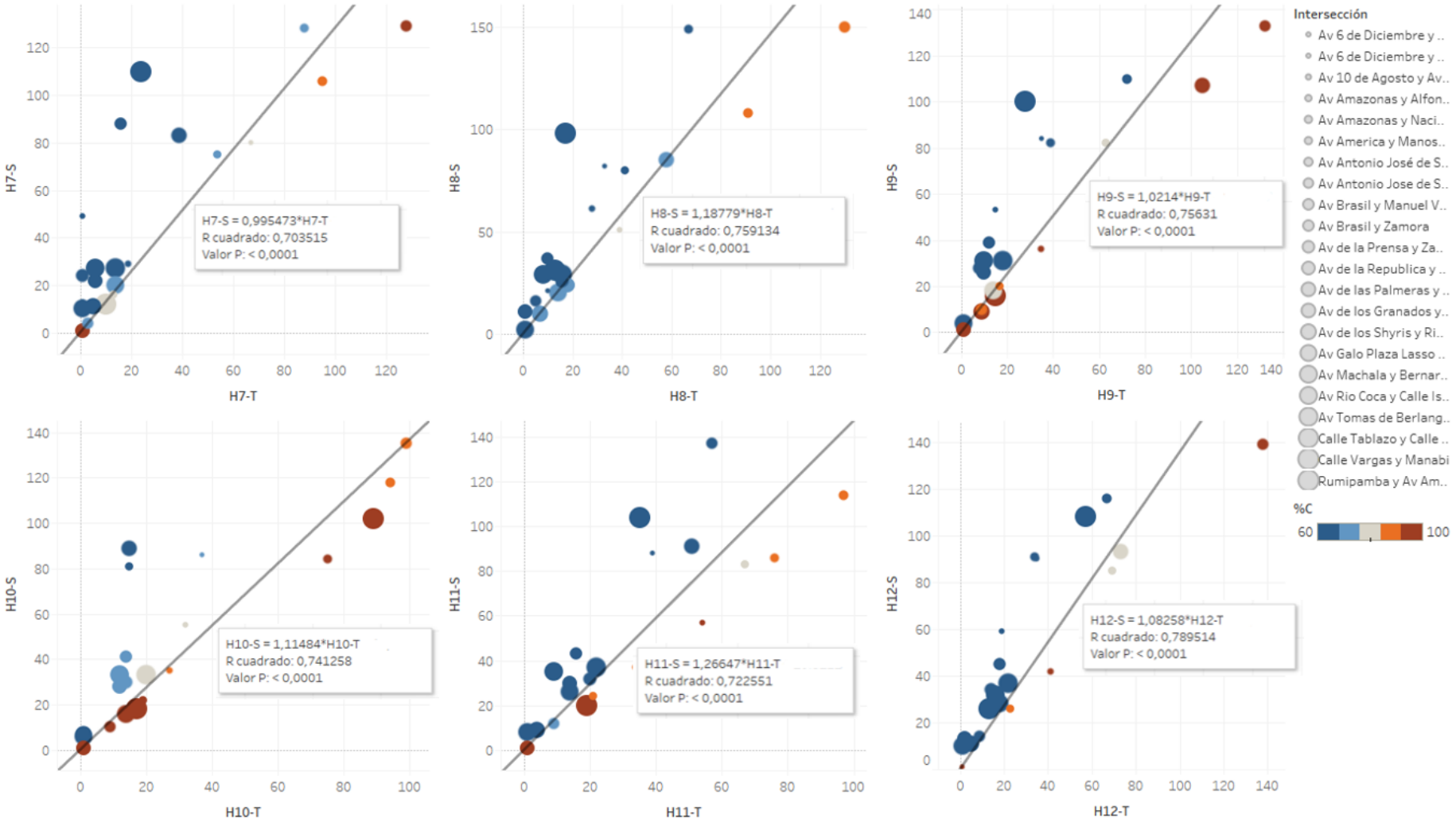


Gráfico 17. Correlación entre sensores y tuits provenientes de palabras clave por días de la semana

b) Casos de congestión cubiertos por tuits asociados a palabras clave, por horas

En el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se muestra la correlación entre los casos de congestión vehicular registrados por los sensores y tuits provenientes de palabras clave, por horas de la semana. Podemos observar que se verifica para todas las horas, una relación lineal dada por los modelos de tendencia calculados, siendo los valores de R^2 mayores a 0,70 y el valor de $p<0,05$ y, por tanto, valores significativos al 95 % de confianza. Además, se muestra el porcentaje de cobertura de los tuits en cada intersección, el cual varía desde el 60 % al 100 %, siendo el porcentaje de cobertura global de un 74 %.


H1-S = 1,28434*H1-T
R cuadrado: 0,783346
Valor P: < 0,0001
H1-S
H1-T
H2-S = 1,24841*H2-T
R cuadrado: 0,766003
Valor P: < 0,0001
H2-T
H3-S = 1,11713*H3-T
R cuadrado: 0,798417
Valor P: < 0,0001
H3-S
H3-T
Intersección
Av 6 de Diciembr..
Av 6 de Diciembr..
Av 10 de Agosto ..
Av Amazonas y ..
Av Amazonas y ..
Av America y Ma..
Av Antonio José ..
Av Antonio Jose ..
Av Brasil y Manu..
Av Brasil y Zamo..
Av de la Prensa ..
Av de la Republi..
Av de las Palmer..
Av de los Grana..
Av de los Shyris ..
Av Galo Plaza La..
Av Machala y Be..
Av Rio Coca y Cal..
Av Tomas de Ber..
Calle Tablazo y C..
Calle Vargas y M..
Rumipamba y Av..
%C
60
100
H4-T = 0,665874*H4-S
R cuadrado: 0,739556
Valor P: < 0,0001
H4-S
H4-T
H5-S = 1,126*H5-T
R cuadrado: 0,799875
Valor P: < 0,0001
H5-T
H6-S = 1,03403*H6-T
R cuadrado: 0,774415
Valor P: < 0,0001
H6-T


H7-S
H7-T
H7-S = 0,995473*H7-T
R cuadrado: 0,703515
Valor P: < 0,0001
H8-S
H8-T
H8-S = 1,18779*H8-T
R cuadrado: 0,759134
Valor P: < 0,0001
H9-S
H9-T
H9-S = 1,0214*H9-T
R cuadrado: 0,75631
Valor P: < 0,0001
Intersección
Av 6 de Diciembre y ..
Av 6 de Diciembre y ..
Av 10 de Agosto y Av..
Av Amazonas y Alfon..
Av Amazonas y Naci..
Av America y Manos..
Av Antonio José de S..
Av Antonio Jose de S..
Av Brasil y Manuel V..
Av Brasil y Zamora
Av de la Prensa y Za..
Av de la Republica y ..
Av de las Palmeras y ..
Av de los Granados y..
Av de los Shyris y Ri..
Av Galo Plaza Lasso ..
Av Machala y Bernar..
Av Rio Coca y Calle Is..
Av Tomas de Berlang..
Calle Tablazo y Calle ..
Calle Vargas y Manabi
Rumipamba y Av Am..
%C
60
100
H10-S
H10-T
H10-S = 1,11484*H10-T
R cuadrado: 0,741258
Valor P: < 0,0001
H11-S
H11-T
H11-S = 1,26647*H11-T
R cuadrado: 0,722551
Valor P: < 0,0001
H12-S
H12-T
H12-S = 1,08258*H12-T
R cuadrado: 0,789514
Valor P: < 0,0001

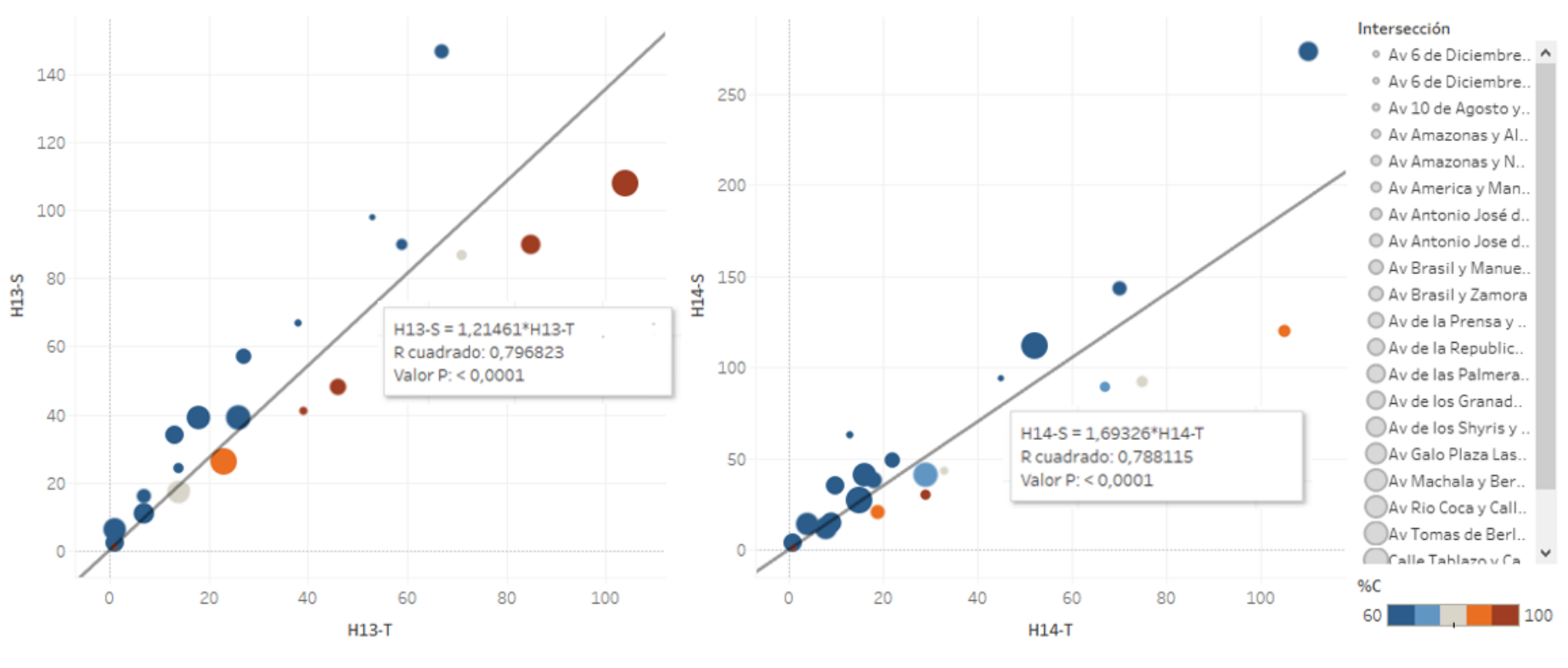


Gráfico 18. Correlación entre sensores y tuits provenientes de palabras clave, por horas

A pesar de que la relación por día de la semana y por hora demuestra una relación lineal entre los casos de congestión detectados por los sensores y los casos de congestión de los tuits provenientes de palabras clave, los coeficientes de correlación muestran valores más bajos que los resultados de las hipótesis anteriores.

Esto pudiera obedecer a que los resultados anteriores muestran que la información recolectada proviene principalmente del uso de la etiqueta #TraficoUIO, pues se realizaron dos tipos de campañas de uso de la etiqueta anteriormente mencionada; la primera campaña de utilización de esta red social fue mediante su difusión a toda la comunidad universitaria UTE (**ver anexo 4**) y la segunda campaña se realizó mediante la comunicación del CGM a toda la población quiteña a través de la misma red social.

4.5. Toma de decisiones respecto a la congestión vehicular proporcionada por la red social Twitter

Como se ha podido observar, actualmente la ciudad hace uso de la información recopilada para la toma de decisiones de sus nuevas obras para la ciudad, verificando dónde existe más congestión para, con los respectivos estudios, determinar si mediante nuevas construcciones se podrá disminuir el tráfico en ese punto.

En las localizaciones en las que se encuentra mayor tráfico se envía en ocasiones a los policías municipales con el fin de ayudar a hacer más fluido el tráfico. La visualización y resultados respecto a qué sectores de la ciudad tienen mayor congestión permiten establecer alternativas, como la planificación de nuevas vías que colaboren en la descongestión de un lugar específico.

Otras aplicaciones relacionadas con la toma de decisiones de la que podría hacer uso la ciudad a través de la información de tuits, así como de los sensores, serían:

- Cambio de ubicación de las zonas de comercio, de escuelas o de instituciones para favorecer la movilidad.
- Aumentar o disminuir los tiempos de los semáforos de acuerdo a la situación del tráfico.
- Establecer semaforización inteligente de acuerdo al flujo de vehículos en un determinado sector.
- Establecer rutas de transporte urbano.

- Establecer zonas de restricción vehicular en determinados horarios o peajes por uso de infraestructuras viarias.
- Presentar información de congestión en tiempo real a los conductores mediante la misma herramienta Twitter con el fin de que tomen mejores decisiones sobre las rutas en caso de existir zonas de embotellamiento, así como a mejorar el tráfico en menos tiempo en el punto de congestión.

Como se observa, existen muchas aplicaciones y decisiones que se pueden tomar para disminuir el tráfico vehicular, e incluso como parte de las herramientas de soporte para encontrar soluciones a la congestión, haciendo uso de la aplicación desarrollada.

4.5.1. Ventajas de los tuits con relación al uso de los sensores en la ciudad de Quito

La aplicación que hace uso de los tuits dispone de varias ventajas en comparación con la información de los sensores:

- Los sensores principalmente presentan estadísticas cuando ya ha sucedido el fenómeno, de manera que si en un lugar se han sobrepasado los límites establecidos determinando que existe tráfico, esto será medido al final de la hora establecida y por tanto no se podrán tomar decisiones en tiempo real, tratándose de una información que servirá sobre todo como estadística para decisiones posteriores.
- Los tuits permiten establecer un parámetro de tráfico al momento y de acuerdo con la percepción de las personas.
- La recopilación de información de los tuits tiene un coste de equipo de campo cercano a cero, puesto que cada persona dispone de la aplicación en su móvil, sin existir este coste en operación ni en equipo, al contrario que sucede con los sensores, que deben ser ubicados a lo largo de la ciudad con un coste bastante elevado por cada uno y de acuerdo al alcance que se quiera tener.
- Los tuits se muestran en los puntos de la ciudad donde pueda existir tráfico, aspecto que no pueden cubrir los sensores, ya que no pueden ubicarse en todos los puntos de la ciudad.

- Mediante los tuits se emite y se recibe información, por lo que existe retroalimentación con los conductores o sus acompañantes, permitiendo tomar decisiones sobre el tráfico en el mismo momento.

4.5.2. Desventajas de los tuits con relación al uso de los sensores en la ciudad de Quito

- Actualmente no existe una cultura de uso intensivo de Twitter en la ciudad de Quito, lo cual disminuye la efectividad del programa, pues cuanto mayor sea la cantidad de usuarios que apliquen este sistema, mejor funcionamiento tendrá.
- El uso del tuit para informar sobre el tráfico depende de la voluntad personal, por lo que no existe total confiabilidad en su uso, que los sensores sí tienen.
- Se requiere contar con acceso a internet, y que el usuario disponga de una cuenta en la red social Twitter; para poder enviar mensajes que reporten situaciones de tráfico vehicular.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En el presente capítulo se muestran las conclusiones de la investigación, agrupadas por cada uno de los objetivos, así como las sugerencias sobre los trabajos que pueden desarrollarse para complementar y reforzar la propuesta realizada.

1. Conclusiones

Conclusiones objetivo 1

Como actividad principal del objetivo 1 se realizó una investigación sobre las propuestas a nivel mundial en relación a la movilidad inteligente que sirvió de base para la propuesta de mejora de la movilidad en la ciudad de Quito, concluyendo que:

- Según la lista elaborada por el IESE Business School, la mayoría de las ciudades que adoptan las mejores estrategias de movilidad inteligente se encuentran en el continente europeo. En el centro de la clasificación se encuentran varias ciudades lationamericanas que muestran un gran potencial de mejora y están evolucionando rápidamente: Quito, Lima y Monterrey.
- A nivel mundial, las estrategias utilizadas con la finalidad de reducir los niveles de congestión vehicular están encaminadas a la reducción del tiempo de desplazamiento, la disminución del flujo vehicular mediante la aplicación de políticas de restricción y a la optimización de los espacios de transporte.
- El estudio de las estrategias de *crowdsourcing* puestas en práctica en las principales ciudades apoya el uso de la red social Twitter como una alternativa importante para el análisis del tráfico vehicular.
- La red social Twitter representa una herramienta barata y accesible que además tiene una amplia cobertura geográfica y proporciona una perspectiva única centrada en los pasajeros que brinda información útil en tiempo real.

Conclusiones objetivo 2

Como objetivo 2 se recoge información mediante investigación de campo en una muestra de 384 personas acerca de su percepción respecto a la problemática vehicular, así como sobre el uso de la red social Twitter en Ecuador.

Con respecto a la movilidad de la población, se concluye que:

- Aproximadamente las tres cuartas partes de la población considera importante los problemas de congestión de la ciudad de Quito, ya que este problema impide la movilidad fluida de los ciudadanos, además de ser un factor influyente para llegar a tiempo a sus trabajos y destinos y, finalmente, afecta a la calidad de vida de la población.
- Las principales causas del tráfico están dadas por la forma geográfica de la ciudad, por el incremento cada vez mayor de vehículos privados y por la gran cantidad de transporte público que recorre la ciudad.
- Se evidencia un alto número de horas perdidas en atascos por congestión vehicular según el criterio de los encuestados, dato en concordancia con el índice de congestión para la ciudad de Quito, que es de un 13 %.

Con respecto al uso de internet y redes sociales:

- Los encuestados refieren un uso frecuente de internet y de las redes sociales, y dentro de ellas, una frecuencia de uso elevada de la red social Twitter.
- Más de la mitad de los encuestados cree viable el uso de la red social Twitter para enviar y recibir alertas de tráfico.

Conclusiones objetivo 3

Con respecto al objetivo 3, que describe el desarrollo del sistema propuesto que permite recolectar, procesar y analizar datos sensoriales y sociales de tráfico tenemos:

- Tras el estudio de las tecnologías se justifica la elección de Apache Hadoop como la tecnología adecuada en el desarrollo del sistema propuesto, utilizando para la obtención de los datos Apache Flume; para el análisis de los datos, Apache Mahout y, para el almacenamiento, Apache HBase.
- Las fuentes de información provinieron de etiquetas y palabras clave originadas en la red social Twitter, de sensores de volumen de tráfico ubicados en las intersecciones más conflictivas de la ciudad y de los registros de situaciones de congestión vehicular obtenidos por los agentes de tráfico.

- Para filtrar los mensajes que notifican situaciones de congestión vehicular se utilizaron técnicas de análisis de sentimientos en base a la información de los tuits recolectados.

Conclusiones objetivo 4

Respecto a los resultados obtenidos después en la aplicación del sistema propuesto presentamos las siguientes conclusiones:

- Existe mayor número de casos de congestión en los horarios de 09:00 a 10:00, 13:00 a 14:00 y 17:00 a 18:00; de igual forma, a nivel de intersecciones se describen los lunes y martes como los días de mayor congestión vehicular.
- El porcentaje de cobertura de los tuits tanto por parroquias como por intersecciones es de al menos un 75 %. Este resultado avala que el estudio realizado cubre en un alto porcentaje los sectores en los cuales están instalados los sensores de flujo vehicular, ayudando así a que el proceso sea más preciso y, lo más importante, que se pueda determinar en tiempo real.
- El porcentaje de cobertura de los tuits en lugares donde no existen sensores de volumen de tráfico instalados, tanto por parroquias como por intersecciones, es significativo (más del 90 %). Este resultado avala que el estudio realizado cubre en un alto porcentaje los sectores en los cuales no están instalados los sensores de flujo vehicular.
- El porcentaje de cobertura de los tuits relacionados con el tráfico en la ciudad de Quito pero que no incorporan las etiquetas gubernamentales *#TraficoUIO*, *#ViasAlternasUIO*, *#MovilidadUIO y #RadaresUIO* permite detectar un número significativo (74 %) de situaciones de congestión vehicular.

Conclusiones Generales

La investigación ha permitido:

- Conocer las aplicaciones y potenciales soluciones a la congestión vehicular que han tenido éxito en diferentes ciudades del mundo, que ha servido como base para seleccionar la red social Twitter como herramienta de *crowdsourcing* que servirá de apoyo a la toma de decisiones.

- Determinar el potencial uso de la red social Twitter en la población ecuatoriana, lo cual indica lo promisorio de utilizar dicha herramienta con fines colaborativos, que ayudará a contrarrestar el problema de la congestión vehicular.
- Evaluar la viabilidad del uso de la red social Twitter como herramienta de detección de situaciones de congestión vehicular, al corroborar que la misma cubre un porcentaje significativo de las situaciones de congestión detectadas tanto por los sensores de volumen de tráfico como por los registros de congestión vehicular obtenidos por los agentes de tráfico.
- Determinar una correlación casi perfecta entre los tuits y los sensores asociados a casos de congestión vehicular, lo cual obedece a que la mayor cantidad de tuits recolectados provienen de mensajes asociados a las etiquetas utilizadas, efecto de las campañas de concienciación y utilización realizadas para la investigación.

2. Trabajos futuros

El alcance del presente trabajo se centró en recolectar y procesar información relacionada con casos de congestión vehicular y presentar información real en línea que permita tomar decisiones en relación con puntos identificados por el sistema de información desarrollado.

Actividades complementarias que se deberían considerar a futuro:

- Generar alertas y comunicarlas a los ciudadanos, socializando los puntos críticos de congestión detectados por el sistema de información.
- Acompañar a las alertas con información geográfica que muestren rutas alternativas. Esto ayudaría a aliviar la congestión vehicular detectada, además de permitir a los ciudadanos llegar a sus destinos en el tiempo planificado por ellos, evitando atrasos y mejorando la calidad de vida en la ciudad.
- Uso de un programa que permita simular la fluidez del tráfico urbano y determinar con diferentes variaciones la disminución del mismo, midiendo los indicadores.
- Implementar la arquitectura de Hadoop en modo distribuido (*multi node*). El presente trabajo tiene una configuración en modo único (*single node*), esto significa que la ejecución de los procesamientos se realiza en una misma máquina,

lo que en ciertos momentos en que exista gran cantidad de información para ser procesada, el rendimiento de la aplicación informática podría verse degradado.

- Implementar una nueva funcionalidad que permita mostrar rutas alternativas, que oriente a la ciudadanía en casos de tráfico intenso.
- Incluir la emisión de alertas de tráfico a través de la red social Twitter. Es decir, que la ciudadanía pueda enviar tuits de tráfico y recibir alertas en un lugar específico, con lo cual podrán decidir si tomar rutas alternativas y con ello evitar aglomeraciones.

REFERENCIAS

[1] INEC, «ecuadorencifras,» 5 11 2018. [En línea]. Available: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/tras-las-cifras-de-quito/. [Último acceso: 16 2 2019].

[2] Archivo metropolitano de la hsitoria de Quito, «Quito y sus historias,» archivoqhistorico.quito.gob.ec, 15 01 2015. [En línea]. Available: http://archivoqhistorico.quito.gob.ec/index.php/quito-y-sus-historias. [Último acceso: 10 11 2015].

[3] Distritro Metropolitano de Quito, «Historia de Quito,» www.in-quito.com, 25 05 2012. [En línea]. Available: http://www.in-quito.com/uio-kito-qito-kyto-qyto/spanish-uio/historia-de-quito-ecuador/quito-historia.htm.. [Último acceso: 08 12 2015].

[4] EPMMOP, «Nueva Nomenclatura,» Empresa pública metropolitana de movilidad y obras públicas, Quito, 2011.

[5] Alcaldía de Quito, «Distritro Metropolitano de Quito. Noticias,» www.diariocritico.com, 01 01 2011. [En línea]. Available: http://www.diariocritico.com/noticia/155769/noticias/la-congestion-vehicular-sigue-sin-solucion-en-quito.html.. [Último acceso: 15 10 2015].

[6] Secretaría de Movilidad, «Diagnóstico de la movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito para el Plan Metropolitano de desarrollo territorial (PMOT),» Secretaría de Movilidad, Quito, 2014.

[7] G. Pinto, «Hacia una movilidad inteligente en la ciudad de Quito,» EPMMOP, Quito, 2013.

[8] E. Del Pozo, «Quito, camino a una movilidad sostenible,» Habitat III, Quito, 2016.

[9] EPMMOP, «Sistema Centralizado adaptativo de semaforización,» www.epmmop.gob.ec, 13 11 2014. [En línea]. Available: http://www.epmmop.gob.ec/epmmop/index.php/proyectos/movilidad/semaforos. [Último acceso: 05 09 2016].

[10] itdp, «Guía de Planifcación de Sistemas BRT,» Institute for Transportation & Development Policy, New York, 2010.

[11] Agencia Pública de Noticias de Quito, «28 señales LEDs para controlar el tránsito en los túneles,» www.prensa.quito.gob.ec, 05 02 2015. [En línea]. Available: http://www.prensa.quito.gob.ec/Noticias/news_user_view/28_senales_leds_para_controlar_el_transito_en_los_tuneles--13164. [Último acceso: 05 09 2016].

[12] Ecuador Inmediato, «El Sistema de Fotomultas en Quito,» ecuadorinmediato.com , 12 01 2015. [En línea]. Available:

http://ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=2818774443&umt=hoy_inicia_sistema_fotomultas_en_quito_sanciones_van_us35_a_us354_dolares. [Último acceso: 05 09 2016].

[13] Department for Transport, «Intelligent Transport Systems in the UK: Report on Information on National ITS actions envisaged over a five year period,» Department for Transport, London, 2012.

[14] J. Seguí y M. Martínez, Los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la mobilidad urbana, Barcelona-España: Scripta Nova, 2010.

[15] Real Academia Española, «Descripción de congestión,» www.rae.es , 17 06 2001. [En línea]. Available: http://www.rae.es/recursos/diccionarios/diccionarios-anteriores-1726-2001/diccionario-de-la-lengua-espanola-2001. [Último acceso: 18 12 2016].

[16] I. Thomson y A. Bull, La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales, Estados Unidos.: CEPAL, 2012.

[17] CFIA , Informe de congestionamiento no es un fenomeno nuevo en las ciudades., Costa Rica: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica , 2010.

[18] VTPI, «Understanding Transport Demands and Elasticities: How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior,» Victoria Transport Policy Institute, Estados Unidos, 2017.

[19] A. I. Bergareche, J. L. Cava y M. E. Torres, «Cálculo de un indicador para la evaluación del grado de congestión en los accesos a las ciudades,» de *XVI Congreso Español sobre Sistemas Inteligentes de Transporte*, Madrid, 2014.

[20] C. Benjamin y M. Cassidy, Vehicle re-identication and travel time measurement on congested freeways, Estados Unidos: Transportation Research Part A: Police and Practice, 2002.

[21] J. Cheung, C. Lee, S. Lee y J. Yu, Development of the Traffic congestion Index for Freeway Corridors in South Korea., Estados Unidos : Eastern Asia Society Transportation Studies , 2007.

[22] S. Hinz, M. Meyer, M. Eineder y M. Bamler, Traffic monitoring with spaceborne SAR-theory, simulations, and experiments,, Estados Unidos : Computer Visión , 2007.

[23] R. Bauza, Road Traffic congestion detection through, España : ELCHE , 2010.

[24] A. Arroyo, El uso de redes desde cualquier terminal esta provocando que se restringa su acceso en los puestos de trabajo, España: UNED, 2009.

[25] S. Grosenick, Traffic prediction improvement through semantic, Estados Unidos : Universidad of Washington , 2012, pp. 1-2.

[26] WAZE, «¿Cómo funciona Waze?,» support.google.com, 01 01 2015. [En línea]. Available: https://support.google.com/waze/answer/6078702?hl=es. [Último acceso: 12 08 2015].

[27] La Republica, «larepublica.pe,» 24 Mayo 2017. [En línea]. Available: https://larepublica.pe/tendencias/879122-google-maps-aprende-crear-alertas-para-evitar-el-congestionamiento-vehicular-en-lima. [Último acceso: 15 Agosto 2018].

[28] sitio.cartografia, «sitio.cartografia,» 17 Enero 2017. [En línea]. Available: http://sitio.cartografia.cl/google-maps-ahora-muestra-las-condiciones-de-trafico-vehicular-en-santiago-de-chile. [Último acceso: 15 Agosto 2018].

[29] U.S Deparment of Transportation, «Traffic Congestion and Reliabity: Trends and Advanced Strategies for congestion Mitigation,» www.ops.fhwa.dot.gov, 15 03 2004. [En línea]. Available: http://www.ops.fhwa.dot.gov/congestion_report/chapter1.htm. [Último acceso: 07 08 2016].

[30] I. Thomson, «Algunos conceptos básicos referentes a las causas y soluciones del problema de la congestión de tránsito,» CEPAL, Santiago de Chile, 2000.

[31] CEPAL, «Medidas de control de la congestión de tránsito,» Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile, 2001.

[32] S. Perlado, Libro Verde de medio ambiente urbano, España: Ministerio de Medio Ambiente, 2009.

[33] J. Andersen y S. Sutcliffe, «Intelligent transport sytems (ITS),» *Technology transfer in developing countries*, vol. 2, nº 3, pp. 99-106, 2000.

[34] P. Sayeg y P. Charles, «Sistemas de transporte inteligentes,» Alemania, Alemania, 2010.

[35] C. Buira, Los sistemas de gestión para la movildiad urbana, México: SICE, 2010.

[36] A. Nsouli, A. Mourad y D. Azar, «Towards Proactive Social Learning Approach for Traffic Event Detection based on Arabic Tweets,» de *14th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)*, Morocco, 2018.

[37] B. Batrinca y P. Treleaven, «Social media analytics: a survey of techniques, tools and platforms,» *AI & Soc*, vol. 30, nº 89, p. 89–116, 2015.

[38] G. Szabo, G. Polatkan, O. Boykin y Chalkiopoulos, Social Media Data Mining and Analytics, Indianapolis: Wiley, 2019.

[39] R. Sharda, D. Delen y E. Turban, Business intelligence, analytics, and data science: a managerial perspective, Oklahoma: Pearson, 2016.

[40] INEC, «Ecuador ama la vida. Población y demografía,» www.ecuadorencifras.gob.ec, 01 01 2017. [En línea]. Available:

http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/. [Último acceso: 12 10 2017].

[41] S. Paloma, A. Bernal y T. Rodriguez, «Desarrollo iterativo e incremental,» SENA, Colombia, 2016.

[42] IESE, «IESE Cities in Motion Index,» IESE Business School, Madrid, 2016.

[43] U.S. Embassy in Paris, «Overview of ITS in France,» US Embassy, Paris, 2016.

[44] BCEOM, «Review of French Experience in Institutional Framework for Planning and Programming in Urban Transport,» BCEOM, Francia, 2014.

[45] L. Berger, «Review of French Experience With Respect to Public Sector Financing of Urban Transport,» Francia, 2012.

[46] SODETEG, «Review of French Experience in Respect of Characteristics and Potentialities of Urban Fixed Track Systems in Developing Countries,» SODETEG, Francia, 2013.

[47] X. Godard y L. Diaz, «Poverty and Urban Transport: French Experience and Developing Cities,» Francia, 2010.

[48] GIZ, «Changing Course in Urban Transport- An Illustrated Guide,» GIZ, 2011.

[49] A. Armstrong-Wright, «Public Transport in Third World Cities,» HMSO, Londres, 2000.

[50] H. Fox, «Mass Rapid Transit in Developing Countries,» Reino Unido, 2014.

[51] J. Cracknell, «Experience in Urban Traffic Management and Demand Management in Developing Countries,» Washington, DC , Reino Unido, 2010.

[52] ITS Asia, «Establishment of Intelligent Transport Systems (ITS): Modularization of Korea's Development Experience,» ITS Asia, Korea, 2014.

[53] KOTI, «Toward an Integrated Green Transportation System in Korea,» Korean Transport Institute, Seúl, 2011.

[54] S. Lee, «Environmentally Sustainable Transport Policies in Korea,» MLTM, Seul, 2009.

[55] J. Leather, F. Herbert, G. Sudhir y M. Alvin, «Walkability and Pedestrian Facilities in Asian Cities: State and Issues,» 2011.

[56] P. Turner, Public Transport International, New York: UITP, 2013.

[57] M. Kodransky y H. Gabrielle, «Europe's Parking U-Turn: From Accommodation to Regulation,» ITDP, Nueva York, 2011.

[58] H. Xiao y Y. Gu, «Development of Shanghai Integrated Transport (2010-2015),»

Journeys, Shanghai, 2012.

[59] Instituto Confucio de Medellín, «El transporte público: de Shanghái para el mundo,» Instituto Confucio de Medellín, Medellín, 2017.

[60] H. Ma, «Ciudades sostenibles: Shanghái,» 7 Mayo 2017. [En línea]. Available: https://ciudadesostenibles.es/panoramica/shanghai. [Último acceso: 12 Noviembre 2018].

[61] «civitatis Shanghai,» Civitatis Tours S, [En línea]. Available: https://www.disfrutashanghai.com/transporte. [Último acceso: 17 Agosto 2018].

[62] PTP, «Mobilitat Sostenible I Segura. En Berlin es posible,» Promoción del Transporte Público, Berlin, 2011.

[63] R. Lehmann, «deutschland.de,» [En línea]. Available: https://www.deutschland.de/es/topic/economia/innovacion-tecnica/la-electromovilidad-toma-impulso. [Último acceso: 15 Abril 2018].

[64] Berlin.de, «Berlin.de,» [En línea]. Available: https://www.berlin.de/willkommenszentrum/es/dia-a-dia/movilidad/. [Último acceso: 21 Mayo 2018].

[65] CIVITAS 2020, «Civitas 2020,» 27 junio 2017. [En línea]. Available: http://civitas.eu/content/frankfurt. [Último acceso: 17 abril 2018].

[66] BUENDIA TOURS , «Buendía Tours,» [En línea]. Available: https://www.frankfurt-tours.es/guia-de-frankfurt/el-transporte-publico-en-frankfurt/. [Último acceso: 17 Junio 2017].

[67] H.-J. von Berlepsch, C. Böttger, B. Brehl y M. Breithaupt, «Integración del transporte público. Transporte Sostenible: Guía para formuladores de políticas publicas en ciudades en desarollo,» Giz, SUP, Alemania, 2015.

[68] Siemens Mobility, «new.siemens,» Siemens Mobility, 3 Enero 2018. [En línea]. Available: https://new.siemens.com/uk/en/products/mobility/road-solutions.html. [Último acceso: 23 Abril 2018].

[69] GTZ, «Urban Transport Strategy Review: Experiences from Germany and Zurich,» GTZ, Alemania, 2015.

[70] S. Kesselring, Understanding Mobilities for Designing Contemporary Cities, Berlin: Springer Publishing, 2015.

[71] I. Sabanés, «Perspectiva,» 27 junio 2017. [En línea]. Available: https://perspectiva.ccoo.cat/madrid-menos-humos-transporte-inteligente/. [Último acceso: 12 febrero 2017].

[72] PROSPECTS, «Transport Strategy: A Decisionmakers Guidebook,» PROSPECTS, 2012.

[73] Q. Hong, «Challenges and Opportunities for Developing Sustainable Transportation Systems in Beijing,» Transportation Research Board, Whasington, 2014.

[74] MTC, «Experiencias de Arquitecturas de ITS en cuatro paises,» Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima, 2013.

[75] ITS-CH, «Intelligent Transport Systems for Switzerland – Focus on the future,» Intelligent Transport Systems of Switzerland, Zurich, 2010.

[76] G. Ellis, «Erotransport,» 27 junio 2017. [En línea]. Available: https://www.eurotransportmagazine.com/18116/transport-extra/redesigning-surface-transport-system-barcelona/. [Último acceso: 23 Septiembre 2018].

[77] PROINTEC/INOCSA, «Urban Public Transport: Integration and Financing,» PROINTEC/INOCSA, España, 2015.

[78] TMB, «El transporte en Barcelona,» Transport Metropolitans de Barcelona, Barcelona, 2008.

[79] F. X. Ventura, «barcelona metròpolis mediterrània,» 17 enero 2010. [En línea]. Available: http://www.publicacions.bcn.es/b_mm/bmm_transporte/bmm_transport_24.htm. [Último acceso: 5 abril 2018].

[80] tecnocarreteras, «tecnocarreteras,» [En línea]. Available: https://www.tecnocarreteras.es/2012/03/09/retbus-la-red-inteligente-de-autobuses-de-barcelona/. [Último acceso: 3 mayo 2018].

[81] J. Sochor, «User Perspectives on Intelligent Transportation Systems,» KTH Royal Institute of Technolog, Estocolmo, 2013.

[82] Wien, «Tecnología inteligente,» www.wien.info, 10 05 2016. [En línea]. Available: https://www.wien.info/es/vienna-for/smart-city-vienna/smart-technology. [Último acceso: 07 09 2016].

[83] Federal Ministry for Transport Innovation and Technology, «ITS Action Plan Austria – Executive Summary: Strategy for the Implementation of an Intelligent Transport System in Austria,» Federal Ministry for Transport Innovation and Technology, Viena, 2010.

[84] G. Menon y S. Guttikunda, «Electronic Road Pricing:Experience & Lessons from Singapore,» SIM-air Working , Singapore, 2010.

[85] C. KIAN-KEONG, «ROAD PRICING – SINGAPORE'S 30 YEARS OF EXPERIENCE,» CESifo DICE, Singapore , 2005.

[86] ANTP, «O Transporte Clandestino no Brazil,» Asociación Nacional de Transporte Público, Sao Pblo, 2010.

[87] Consorciofenix, «Brasília tem a menor taxa de uso do transporte coletivo do país,» 01 08 2016. [En línea]. Available: http://www.consorciofenix.com.br/es/saiba-mais/brasilia-tem-a-menor-taxa-de-uso-do-transporte-coletivo-do-pais,97. [Último acceso: 27 08 2017].

[88] NTU, «Sistemas Inteligentes de Transporte. Relato das apresentacoes,» Associação Nacional das Empresas de Transporte, Brasília, 2013.

[89] D. Pérez, «El sistema de transporte público en Monterrey: diagnóstico del problema y propuesta de política pública,» IAP Nuevo León, Monterrey, 2008.

[90] SEDATU, «Estrategia nacional de movilidad urbana sustentable,» Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Mexico, 2015.

[91] T. Litman, «Gestión de la movilidad para México,» Victoria Transport Policy Institute, Mexico, 2012.

[92] MDOT, «Crowdsourcing transportation sytems data,» Michigan Department of Transportation, Boardwalk, 2015.

[93] S. Medina, «Transformando la movilidad urbana en México. Hacia ciudades accesibles con menos uso del automóvil,» ITDP, Mexico, 2012.

[94] L. Yoshioka, C. Marte, C. Fontana y J. Cardoso, «Intelligent Transportation Systems with Autonomous Guidance,» *Recent Researches in Telecommunications, Informatics, Electronics and Signal Processing*, pp. 191-198, 2013.

[95] A. Abriani, «Tránsito urbano El caso de Buenos Aires,» *Ciencia Hoy*, pp. 18-24, 2013.

[96] O. Jimenez, «Ciudades inteligentes: aplicaciones para la movilidad,» Review de Steer Davies Gleave, Mexico, 2010.

[97] Gobierno de la República, «Sistema inteligente de tránsito,» movilidad.buenosaires.gob.ar, 24 04 2014. [En línea]. Available: http://movilidad.buenosaires.gob.ar/sistema-inteligente-de-transito/. [Último acceso: 05 09 2016].

[98] D. Villatoro, J. Serna, V. Rodríguez y M. Torrent-Moreno, The TweetBeat of the city: Microblogging for Discovering Belavioural Patterns during the MWC2012, Berlin : Citizen in Sensor Networks , 2013.

[99] A. Misra, A. Gooze, K. Watkins, M. Asad y C. Le Dantec, «Crowdsourcing and Its Application to Transportation Data Collection and Management,» *Journal of the Transportation Research Board*, nº 2414, pp. 1-8, 2014.

[100] P. S. Rengifo y D. Rodriguez, «Sistema de recomendación basado en crowdsourcing,» Universidad Simon Bolivar , Sartenejas, 2015.

[101] F. Abad, «Sistema de Monitoreo del Tráfico en Eventos Públicos en la ciudad de

Cuenca,» Cuenca, 2017.

[102] A. Smith, Fehr y Peers, «Crowdsourcing Pedestrian and Cyclist Activity Data,» Federal Highway Administration, 2015.

[103] Miniwatts Marketing Group, «Exito Exportador: El internet Global a si alcance,» www.exitoexportador.com, 24 10 2016. [En línea]. Available: http://www.exitoexportador.com/stats2.htm#sur. [Último acceso: 23 01 2017].

[104] INEC, «Encuesta de condiciones de vida realizada por el Instituto Nacional de estadisticas y censos INEC,» www.ecuadorencifras.gob.ec, 01 01 2017. [En línea]. Available: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ECV/Presentacion_Encuesta_Condiciones_Vida.pdf. [Último acceso: 08 10 2017].

[105] W. Willett, J. Heer† y M. Agrawala, «Strategies for Crowdsourcing Social Data Analysis,» *Computer Science,* pp. 1-10, 2012.

[106] Formación gerencial, «Ranking y estadísticas de redes sociales en Ecuador,» blog.formaciongerencial.com, 16 05 2015. [En línea]. Available: http://blog.formaciongerencial.com/2014/05/16/ranking-redes-sociales-ecuador-mayo-2014/. [Último acceso: 16 12 2016].

[107] IBM, «Arquitectura de integración: Hadoop basado en Hive y Campaign,» www.ibm.com, 09 10 2016. [En línea]. Available: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSCVKV_9.1.2/Campaign/DatabaseTableAdmin/Hive_IntegrationArchitecture.html. [Último acceso: 26 12 2016].

[108] stackoverflow, «Recommender system using pig or mahout,» stackoverflow, 23 02 2014. [En línea]. Available: https://stackoverflow.com/questions/21968312/recommender-system-using-pig-or-mahout. [Último acceso: 04 04 2018].

[109] B. Gil, «TDC (Twitter Data Collection): Creación de una gran base de datos de Tweets,» Universidad Autónoma de Madrid , Madrid, 2014.

[110] S. Owen, R. Anil, T. Dunning y E. Friedman, «Mahout in action,» 2012.

[111] A. Gelbukh y G. Sidorov, «Approach to construction of automatic morphological analysis systems for inflective languages with little effort,» *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing* , vol. 2588, pp. 215-220, 2013.

[112] E. V. Rodriguez, A. G. Serrano y M. G. Rodriguez, «Análisis lingüístico de expresiones negativas en tweets en español,» de *XXIX Congreso de la Sociedad Española de Procesamiento de lenguaje natural*, Madrid, 2013.

[113] G. Patoglou, «Twitter, MySpace, Digg: Unsupervised Sentiment Analysis in Social Media,» *ACM Trans. Intell. Syst. Technol*, 2012.

[114] L. Wang, «Classification of clinical tweets using Apache Mahout,» University of

Missouri, Missouri, 2015.

[115] S. Nipun Mehra, Sentiment Identification Using Maximum Entropy Analysis of Movie Reviews, Standford, 2002.

[116] Memeburn, «Here's how big data is being used to fix traffic congestion,» memeburn.com , 07 04 2016. [En línea]. Available: http://memeburn.com/2016/04/heres-how-big-data-is-being-used-to-fix-traffic-congestion/. [Último acceso: 14 12 2016].

[117] P. Guerrero, «Congestión vehicular,» congestinvehicular.blogspot.com, 24 10 2011. [En línea]. Available: http://congestinvehicular.blogspot.com/. [Último acceso: 20 12 2016].

[118] C. Kamal, «The Implementation of the Korean Green Growth Strategy in Urban Areas,» OECD, Korean, 2012.

[119] G. Alonso y D. R. Lugo, «El estado del arte de la movilidad del transporte en la vida urbana en ciudades latinoamericanas,» *Revista Transporte y Territorio* , vol. 3, nº 12, pp. 133-157, 2018.

[120] C. Lizarraga, «Propuestas teóricas y prácticas sobre la congestión de tráfico urbano y su tarificación,» *Ekonomiaz*, vol. 1, nº 61, pp. 292-315, 2006.

[121] C. Martínez, «Plataforma Urbana,» 1 Noviembre 2016. [En línea]. Available: http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/11/01/las-7-causas-mas-tipicas-de-congestion-vial-y-las-estrategias-exitosas-para-enfrentarla/. [Último acceso: 12 Junio 2018].

[122] OMS, «WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database,» World Health Organization , Geneva, 2016.

[123] J. López, «Problemática del tráfico vehicular,» 21 Abril 2016. [En línea]. Available: https://traficovehicularsibd.weebly.com/causas--consecuencias.html. [Último acceso: 17 Agosto 2018].

[124] Business Location Center, «Transportes, Movilidad y Logística,» www.businesslocationcenter.de, 10 02 2016. [En línea]. Available: http://www.businesslocationcenter.de/es/business-location/industry-information/transport-mobility-and-logistics. [Último acceso: 07 09 2016].

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada en la población. (Diseñada en Rotator Survey)

P1. En su opinión la congestión vehicular en la ciudad de Quito es un problema	
(Seleccione solo una opción)	
Muy importante	○ 1
Importante	○ 2
Más o menos importante	○ 3
Nada importante	○ 4

P2. ¿Cuáles considera que son los principales problemas del tráfico en la ciudad de Quito?	
(Seleccione tantas opciones como apliquen)	
Forma geográfica de la ciudad	○ 1
Incremento de los vehículos	○ 2
Sistemas de transporte público	○ 3
Cultura de conducción vehicular	○ 4
Obras de infraestructura vehicular en la ciudad Obras de infraestructura vehicular en la ciudad	○ 5
Otros	○ 6

P3. Aproximadamente, ¿cuánto tiempo dedica un día laborable, en promedio, a desplazarse por la ciudad de Quito, utilizando su vehículo o transporte público?	
(Seleccione solo una opción)	
Menos de 30 minutos	○ 1
Entre 30 minutos y 1 hora	○ 2
De 1 hora a 2 horas	○ 3
De 2 a 3 horas	○ 4
Más de 3 horas	○ 5

P4. ¿Usted hace uso de su vehículo, en caso de disponer de él, diariamente?	
(Seleccione solo una opción)	
Siempre	○ 1
Casi siempre	○ 2
A veces	○ 3
Casi nunca	○ 4
Nunca	○ 5

P5. En caso de utlizar el vehículo de forma permanente o frecuente, indique por qué no utiliza el transporte público.
(Escriba un texto tan amplio como desee)
....

P6. ¿Usted hace uso del transporte público (buses urbanos?	
(Seleccione solo una opción)	
Siempre	○ 1
Casi siempre	○ 2
A veces	○ 3
Casi nunca	○ 4
Nunca	○ 5

P7. ¿Usted hace uso de internet?	
(Seleccione solo una opción)	
A diario	○ 1
Permanentemente	○ 2
En ocasiones	○ 3
Rara vez	○ 4
Nunca	○ 5

P8. Cuando usa internet, ¿para qué lo hace?				
(Seleccione tantas opciones como aplique)				
Deportes	○ 1	Noticias e información	○	5
Compras	○ 2	Videos	○	6
Redes sociales	○ 3	Búsquedas	○	7
Entretenimiento	○ 4			

P9. De las siguientes redes sociales, ¿cuál usa usted y con qué frecuencia?		
(A continuación se muestra una tabla con ciertos ítems en las filas y una escala en las columnas. Por favor, valore cada uno de estos enunciados según la escala.		
1 = diariamente/ regularmente		2 = ocasionalmente/rara vez
	1	2
Google+	○	○
YouTube	○	○
Facebook	○	○
Twitter	○	○
Instagram	○	○
LinkedIn	○	○
Snapchat	○	○

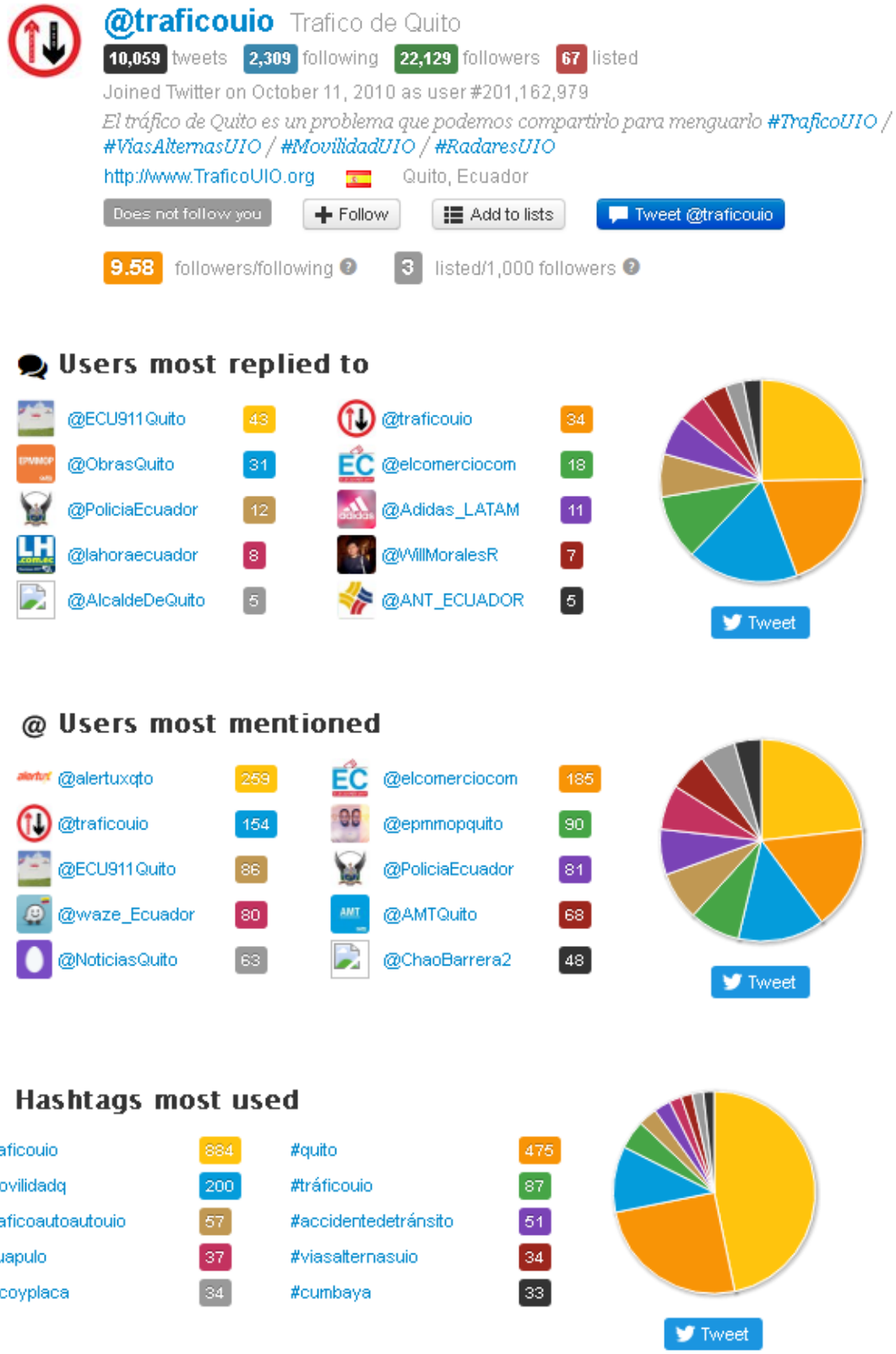
P10. ¿Consideraría interesante hacer uso de la red social Twitter para enviar y recibir alertas acerca de la congestión vehicular que le permitan tomar mejores decisiones para su transporte en la ciudad?				
(Seleccione solo una opción)				
Muy interesante	○ 1	No muy interesado	○	4
Interesante	○ 2	Nada interesado	○	5
Neutral	○ 3			

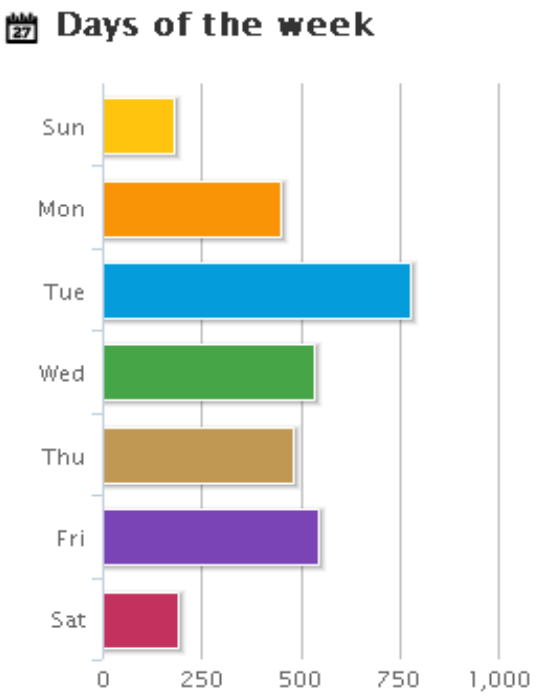
P11. ¿Conoce el uso de la red social Twitter para enviar y recibir alertas acerca de la congestión vehicular?	
(Seleccione solo una opción)	
Sí	○ 1
No	○ 2

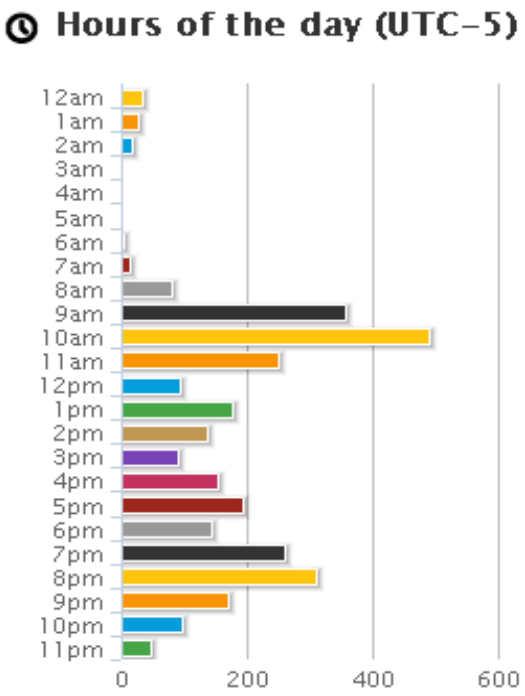
P12. En caso de que la conozca, ¿la usa con este fin?	
(Seleccione solo una opción)	
Sí	○ 1
No	○ 2

P13. ¿Cuáles considera que serían las principales soluciones al tráfico de la ciudad de Quito?
(Escriba un texto tan amplio como desee)
.....
.....
.....
.....
.....

Anexo 2. Informe sobre el uso de la cuenta: @traficouio

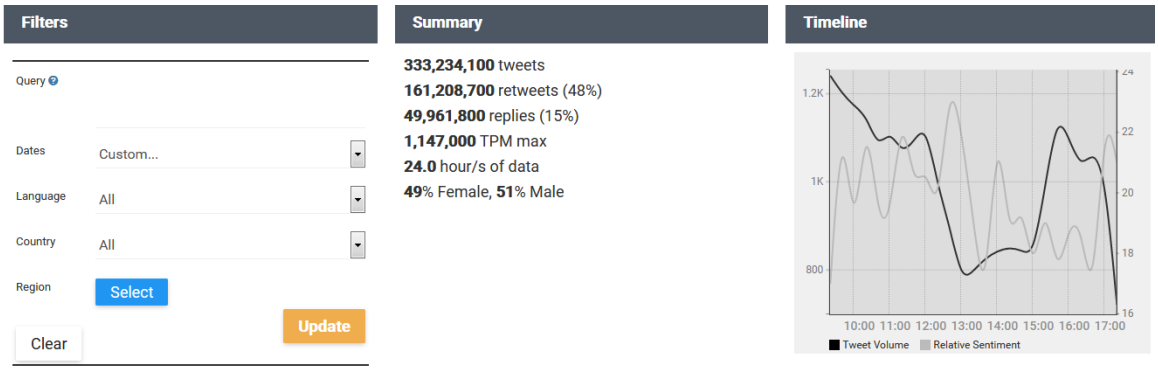


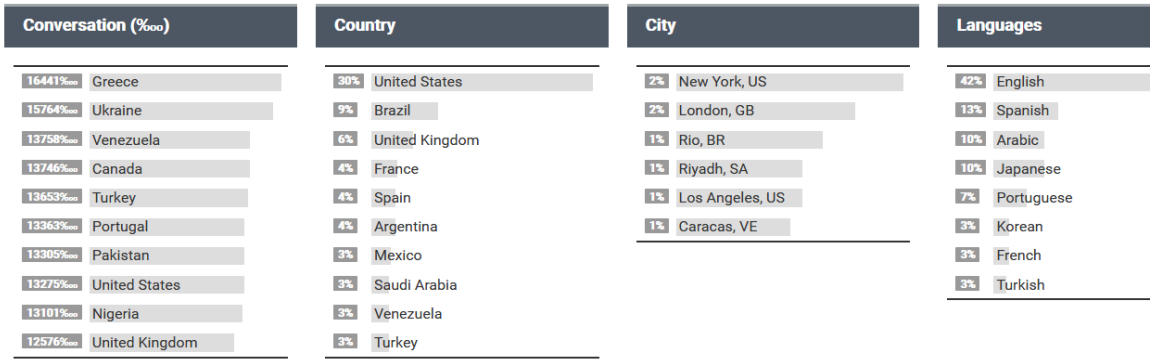

Days of the week
Sun
Mon
Tue
Wed
Thu
Fri
Sat
0
250
500
750
1,000


Hours of the day (UTC-5)
12am
1am
2am
3am
4am
5am
6am
7am
8am
9am
10am
11am
12pm
1pm
2pm
3pm
4pm
5pm
6pm
7pm
8pm
9pm
10pm
11pm
0
200
400
600

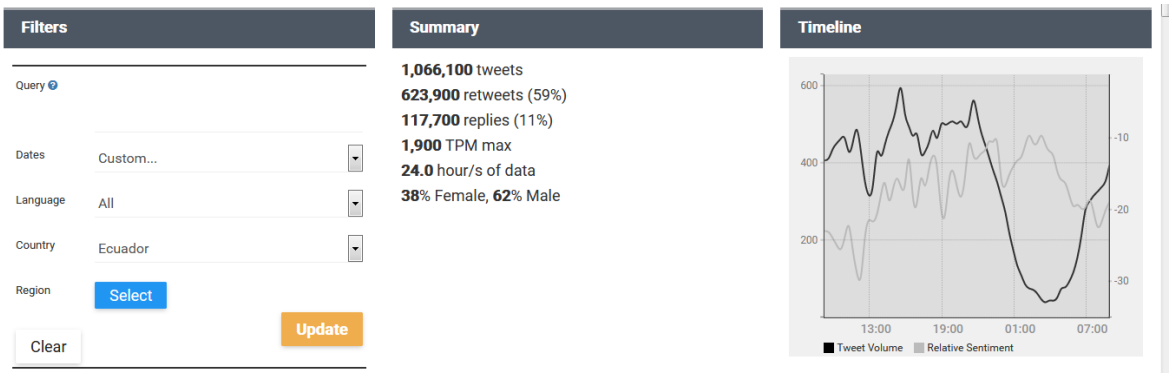
Anexo 3. Informe sobre el uso de tuits en varios países y ciudades en dos semanas de monitoreo utilizando la aplicación TrendsMap Analytics

En el mundo





Ecuador



Conversation (‰)

1341‰	Cañar
1139‰	Imbabura
1137‰	Orellana
1134‰	Cotopaxi
1123‰	Chimborazo
1121‰	Carchi
1045‰	Pichincha
1040‰	Santa Elena
1034‰	Guayas
1004‰	Pastaza

States

43%	Guayas
26%	Pichincha
5%	Carchi
4%	Manabi
4%	Azuay
4%	El Oro
2%	Loja
2%	Los Rios
1%	Imbabura
1%	Napo

City

36%	Guayaquil, EC
25%	Quito, EC
2%	Machala, EC
2%	Loja, EC

Languages

80%	Spanish
13%	English
5%	Portuguese

Hashtags

1%	#venezuela
1%	#ecuador
1%	#discúlpatelasso
1%	#nicolasmaduroasesino
1%	#19vzlaenlacalle
0%	#19abr
0%	#holdinmebackatmidnight
0%	#elmetroestápasando
0%	#mujeresenelarte
0%	#19a

Words

3%	venezuela
2%	ecuador
2%	todo
2%	cuando
2%	vida
2%	así
2%	todos
2%	qué
2%	mundo
2%	ahora

Emojis

1.4%	😂 Joy
1.3%	❤️ Heart
1.2%	😍 Heart Eyes
0.6%	👏 Clap
0.4%	👉 Point Right
0.4%	😭 Sob
0.4%	💙 Blue Heart
0.4%	😊 Blush

Source Apps

44.2%	Twitter for Android twitter.com
21.7%	Twitter for iPhone twitter.com
12.4%	Twitter Web Client twitter.com
6.1%	Facebook www.facebook.com
3.7%	TweetDeck about.twitter.com
1.3%	Instagram instagram.com
1.2%	Twitter Lite mobile.twitter.com
1.1%	Twitter for iPad twitter.com
1.0%	Hootsuite www.hootsuite.com
0.9%	IFTTT ifttt.com

Argentina

Filters

Query

Dates: Custom...

Language: All

Country: Argentina

Region: Select

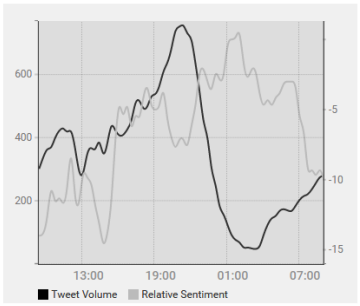
Update

Clear

Summary

12,839,800 tweets
6,593,500 retweets (51%)
1,601,400 replies (12%)
26,700 TPM max
24.0 hour/s of data
51% Female, **49**% Male

Timeline



Conversation (‰)

103‰	Formosa
94‰	Corrientes
89‰	Neuquén
88‰	Catamarca
86‰	Santa Fe
85‰	Santiago Del Estero
85‰	Ciudad De Buenos Aires
85‰	Mendoza
85‰	Buenos Aires
83‰	Jujuy

States

25%	Ciudad De Buenos Aires
25%	Buenos Aires
11%	Córdoba
9%	Santa Fe
4%	Mendoza
4%	Entre Ríos
2%	Corrientes
2%	Neuquén
2%	Chubut
2%	Tucumán

City

22%	Buenos Aires, AR
7%	Córdoba, AR
4%	Rosario, AR
3%	Mendoza, AR
3%	Santa Fe, AR
3%	La Plata, AR
2%	Corrientes, AR
1%	Neuquén, AR
1%	Quilmes, AR
1%	Bahía Blanca, AR

Languages

84%	Spanish
10%	English
3%	Portuguese

Hashtags	
0%	#venezuela
0%	#tuitutil
0%	#holdinmebackatmidnight
0%	#despedidadesolteros
0%	#nicolasmaduroasesino
0%	#carrioena2v
0%	#independiente
0%	#ahora
0%	#nuevafotodeperfil
0%	#sinfiltroconflorvigna

Words	
4%	cuando
4%	todo
3%	quiero
2%	tengo
2%	siempre
2%	día
2%	porque
2%	todos
2%	vida
2%	nunca

Emojis	
2.0%	😂 Joy
1.9%	😍 Heart Eyes
1.4%	❤️ Heart
0.6%	😭 Sob
0.5%	👏 Clap
0.5%	👌 Ok Hand
0.4%	🎶 Notes
0.4%	💔 Broken Heart
0.4%	🙏 Pray

Source Apps	
65.7%	Twitter for Android twitter.com
10.6%	Twitter Web Client twitter.com
10.6%	Twitter for iPhone twitter.com
3.8%	Twitter Lite mobile.twitter.com
1.4%	Facebook www.facebook.com
1.1%	TweetDeck about.twitter.com
0.9%	Twitter for Windows Phone www.twitter.com
0.6%	Instagram instagram.com
0.5%	Mobile Web (M2) mobile.twitter.com
0.4%	Twitcom - Comunidades www.twitcom.com.br

Chile

Filters

Query

Dates: Custom...

Language: All

Country: Chile

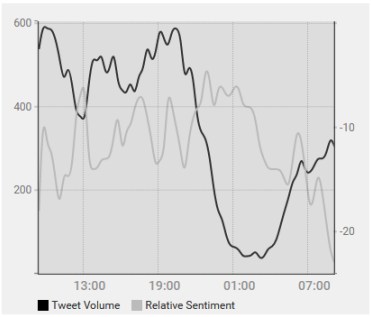
Region: Select

Clear | Update

Summary

2,497,300 tweets
1,195,600 retweets (48%)
501,500 replies (20%)
4,400 TPM max
24.0 hour/s of data
37% Female, **63**% Male

Timeline



Conversation (‰)	
598‰	Bío Bío
583‰	Los Lagos
575‰	Maule
556‰	Región Metropolitana De Santiago
536‰	Antofagasta
532‰	Libertador General Bernardo O'higgi
529‰	Valparaíso
518‰	Los Ríos
491‰	La Araucanía
486‰	Atacama

States	
53%	Región Metropolitana De Santiago
11%	Valparaíso
10%	Bío Bío
3%	Antofagasta
3%	Maule
3%	Coquimbo
3%	Los Lagos
3%	La Araucanía
2%	Libertador General Bernardo O'higgins
2%	Tarapacá

City	
44%	Santiago, CL
7%	Valparaiso, CL
6%	Concepción, CL
3%	Antofagasta, CL
2%	Temuco, CL
2%	La Serena, CL
2%	Iquique, CL
1%	Rancagua, CL
1%	Punta Arenas, CL
1%	Talca, CL

Languages	
84%	Spanish
12%	English
1%	Portuguese

Hashtags	
8%	#censo2017
1%	#quepenatucenso
1%	#dulcepesadillamc
1%	#todoscontamos
1%	#karadayigranfinal
1%	#venezuela
0%	#92añoscolocolo
0%	#censo
0%	#ambarlamejortentacion
0%	#chile

Words	
6%	censo
2%	censista
2%	chile
2%	todo
2%	qué
2%	día
2%	cuando
2%	todos
2%	ahora
2%	gracias

Emojis	
2.4%	😂 Joy
1.5%	❤️ Heart
1.0%	😍 Heart Eyes
0.8%	👏 Clap
0.6%	🤔 Thinking Face
0.5%	💕 Two Hearts
0.5%	😭 Sob
0.4%	🙄 Face With Rolling Eyes

Source Apps	
44.8%	Twitter for Android twitter.com
28.0%	Twitter for iPhone twitter.com
12.7%	Twitter Web Client twitter.com
2.1%	Facebook www.facebook.com
1.7%	Twitter Lite mobile.twitter.com
1.5%	TweetDeck about.twitter.com
1.1%	Instagram instagram.com
1.1%	Twitter for iPad twitter.com
0.9%	dlvr.it dlvrit.com
0.6%	Google www.google.com

Perú

Filters

Query

Dates: Custom...

Language: All

Country: Peru

Region: Select

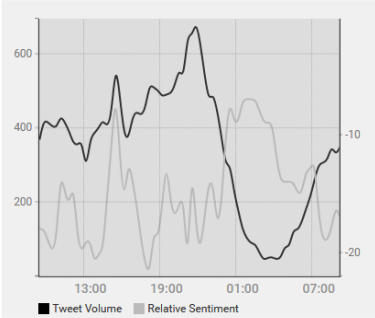
Update

Clear

Summary

1,182,300 tweets
555,300 retweets (47%)
176,600 replies (15%)
2,200 TPM max
24.0 hour/s of data
45% Female, **55**% Male

Timeline



Conversation (‰)

1287‰	Callao
1215‰	Huancavelica
1121‰	Tumbes
1021‰	Lambayeque
990‰	Cusco
962‰	Lima Province
960‰	Cajamarca
914‰	Tacna
909‰	Loreto
903‰	Ancash

States

71%	Lima Province
7%	La Libertad
2%	Lima
2%	Arequipa
2%	Piura
2%	Cusco
2%	Lambayeque
1%	Ancash
1%	Huánuco

City

67%	Lima, PE
5%	Trujillo, PE
2%	Arequipa, PE
1%	Chillin, PE
1%	Chiclayo, PE

Languages

78%	Spanish
17%	English
1%	Portuguese

Hashtags

3%	#insistenciacasa728
3%	#justicialaboral
3%	#casnuncamas
1%	#holdinmebackatmidnight
1%	#agendencasa728
0%	#venezuela
0%	#sazonrojadecbt
0%	#volvionuestrareinajp
0%	#nowplaying
0%	#teformalizosi

Words

2%	todo
2%	cuando
2%	gracias
2%	qué
2%	todos
2%	ahora
2%	perú
1%	apoyo
1%	patricia
1%	así

Emojis

2.1%	Joy
1.7%	Heart
1.6%	Heart Eyes
0.7%	Sob
0.6%	Two Hearts
0.6%	Kissing Heart
0.5%	Blush
0.5%	Pray
0.5%	+1

Source Apps

44.4%	Twitter for Android twitter.com
20.7%	Twitter for iPhone twitter.com
14.1%	Twitter Web Client twitter.com
6.4%	Facebook www.facebook.com
1.9%	Twitter Lite mobile.twitter.com
1.7%	TweetDeck about.twitter.com
1.5%	Hootsuite www.hootsuite.com
1.1%	Google www.google.com
0.8%	Instagram instagram.com
0.8%	Twitter for iPad twitter.com

Paraguay

Filters

Query

Dates: Custom...

Language: All

Country: Paraguay

Region: Select

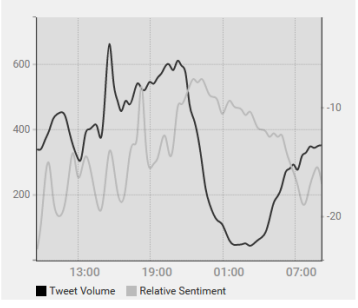
Update

Clear

Summary

520,400 tweets
332,200 retweets (64%)
49,200 replies (9%)
1,300 TPM max
24.0 hour/s of data
46% Female, **54**% Male

Timeline



Conversation (‰)	
2658‰	Guairá
2358‰	Asunción
2320‰	Concepción
2255‰	Paraguarí
2248‰	Itapúa
2188‰	Boquerón
2186‰	Caazapá
1987‰	Cordillera
1963‰	San Pedro
1825‰	Caaguazú

States	
60%	Asunción
13%	Central
6%	Itapúa
5%	Guairá
3%	Caaguazú
3%	Alto Paraná
2%	Ñeembucú
2%	Presidente Hayes
1%	Cordillera
1%	Paraguarí

City	
57%	Asuncion, PY
2%	Foz Do Iguaçu, BR

Languages	
82%	Spanish
13%	English
3%	Portuguese

Hashtags	
1%	#enmienda
0%	#730am
0%	#cerro
0%	#venezuela
0%	#libertad
0%	#970am
0%	#olimpia
0%	#ucl
0%	#holdinmebackatmidnight
0%	#noalareelección

Words	
4%	cuando
4%	todo
2%	vida
2%	enmienda
2%	día
2%	todos
2%	siempre
2%	quiero
2%	qué
1%	porque

Emojis	
2.6%	😂 Joy
2.6%	😍 Heart Eyes
1.6%	❤ Heart
1.0%	😭 Sob
0.8%	👏 Clap
0.6%	🙌 Raised Hands
0.6%	⚽ Soccer
0.5%	🎶 Notes

Source Apps	
57.3%	Twitter for Android twitter.com
22.1%	Twitter for iPhone twitter.com
7.5%	Twitter Web Client twitter.com
2.1%	Facebook www.facebook.com
1.4%	Twitter Lite mobile.twitter.com
1.3%	Foursquare foursquare.com
0.7%	TweetDeck about.twitter.com
0.7%	Instagram instagram.com
0.6%	dlvr.it dlvrit.com
0.6%	Twitcom - Comunidades www.twitcom.com.br

Colombia

Filters

Query

Dates: Custom...

Language: All

Country: Colombia

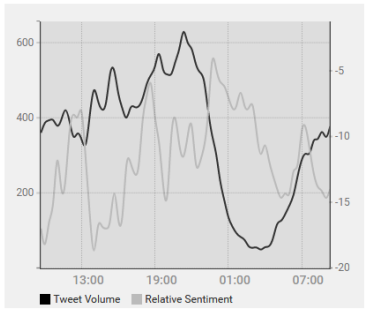
Region: Select

Clear | Update

Summary

4,030,400 tweets
1,999,700 retweets (50%)
514,000 replies (13%)
7,400 TPM max
24.0 hour/s of data
37% Female, **63**% Male

Timeline

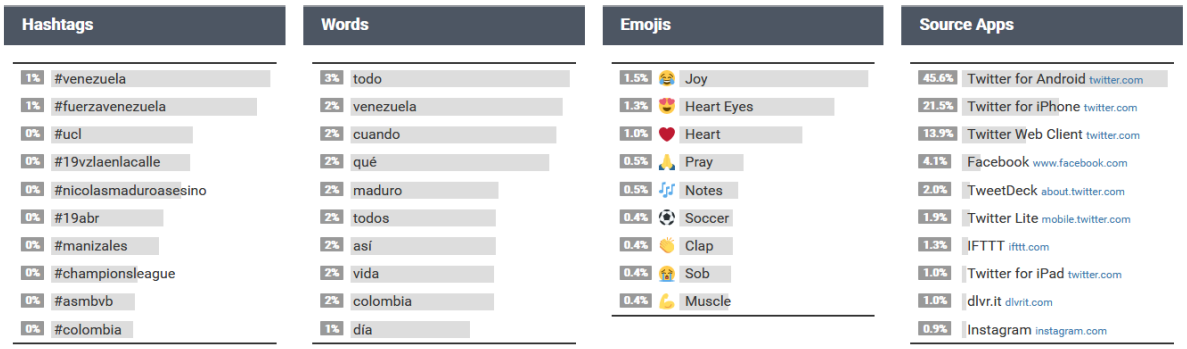


Conversation (‰)	
434‰	Caldas
416‰	San Andrés Y Providencia
337‰	Valle Del Cauca
318‰	Antioquia
313‰	Risaralda
312‰	Caquetá
301‰	Boyacá
291‰	Bogota
279‰	Huila
276‰	Norte De Santander

States	
37%	Bogota
14%	Valle Del Cauca
14%	Antioquia
7%	Atlántico
4%	Cundinamarca
4%	Santander
3%	Bolívar
2%	Magdalena
2%	Caldas
2%	Risaralda

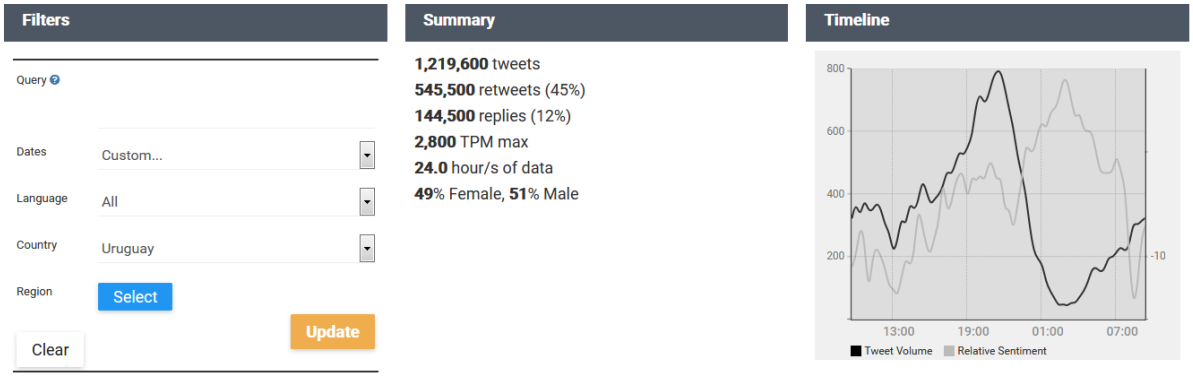
City	
36%	Bogotá, CO
12%	Cali, CO
11%	Medellín, CO
6%	Barranquilla, CO
3%	Bucaramanga, CO
2%	Manizales, CO
2%	Cartagena, CO
2%	Santa Marta, CO
1%	Cúcuta, CO

Languages	
79%	Spanish
17%	English
2%	Portuguese



Hashtags		Words		Emojis		Source Apps	
1%	#venezuela	3%	todo	1.5%	Joy	45.6%	Twitter for Android twitter.com
1%	#fuerzavenezuela	2%	venezuela	1.3%	Heart Eyes	21.5%	Twitter for iPhone twitter.com
0%	#ucl	2%	cuando	1.0%	Heart	13.9%	Twitter Web Client twitter.com
0%	#19vzlaenlacalle	2%	qué	0.5%	Pray	4.1%	Facebook www.facebook.com
0%	#nicolasmaduroasesino	2%	maduro	0.5%	Notes	2.0%	TweetDeck about.twitter.com
0%	#19abr	2%	todos	0.4%	Soccer	1.9%	Twitter Lite mobile.twitter.com
0%	#manizales	2%	así	0.4%	Clap	1.3%	IFTTT ifttt.com
0%	#championsleague	2%	vida	0.4%	Sob	1.0%	Twitter for iPad twitter.com
0%	#asmbvb	2%	colombia	0.4%	Muscle	1.0%	dlvr.it dlvr.it.com
0%	#colombia	1%	día			0.9%	Instagram instagram.com

Uruguay



Filters

Query

Dates: Custom...

Language: All

Country: Uruguay

Region: Select

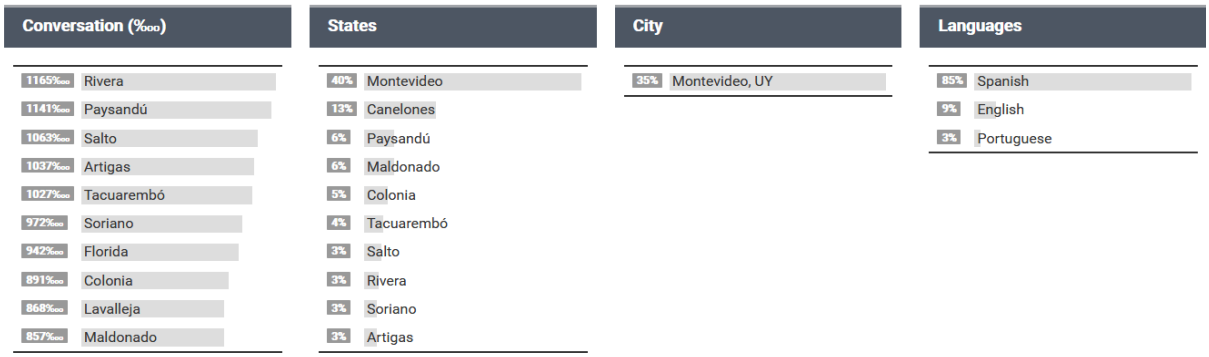
Clear | Update

Summary

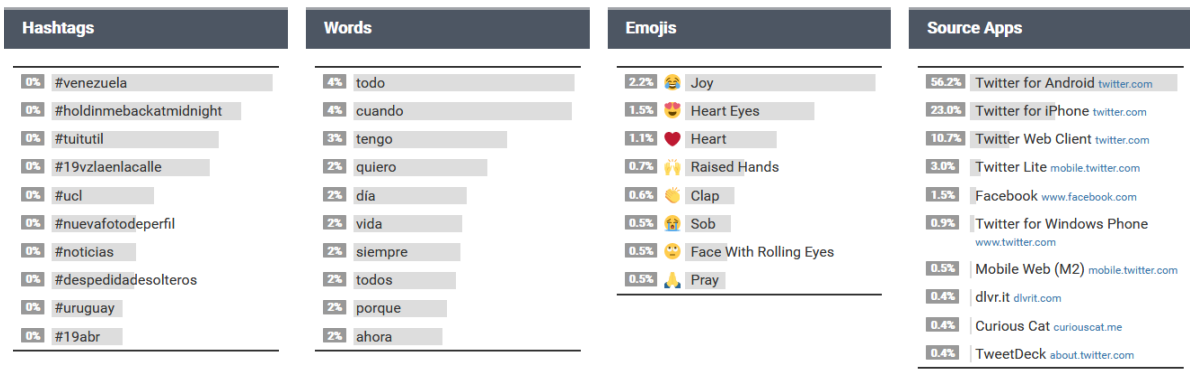
1,219,600 tweets
545,500 retweets (45%)
144,500 replies (12%)
2,800 TPM max
24.0 hour/s of data
49% Female, **51**% Male

Timeline

800
600
400
200
-10
13:00
19:00
01:00
07:00
Tweet Volume
Relative Sentiment



Conversation (‰)		States		City		Languages	
1165‰	Rivera	40%	Montevideo	35%	Montevideo, UY	85%	Spanish
1141‰	Paysandú	13%	Canelones			9%	English
1063‰	Salto	6%	Paysandú			3%	Portuguese
1037‰	Artigas	6%	Maldonado				
1027‰	Tacuarembó	5%	Colonia				
972‰	Soriano	4%	Tacuarembó				
942‰	Florida	3%	Salto				
891‰	Colonia	3%	Rivera				
868‰	Lavalleja	3%	Soriano				
857‰	Maldonado	3%	Artigas				



Hashtags		Words		Emojis		Source Apps	
0%	#venezuela	4%	todo	2.2%	Joy	56.2%	Twitter for Android twitter.com
0%	#holdinmebackatmidnight	4%	cuando	1.5%	Heart Eyes	23.0%	Twitter for iPhone twitter.com
0%	#tuitutil	3%	tengo	1.1%	Heart	10.7%	Twitter Web Client twitter.com
0%	#19vzlaenlacalle	2%	quiero	0.7%	Raised Hands	3.0%	Twitter Lite mobile.twitter.com
0%	#ucl	2%	día	0.6%	Clap	1.5%	Facebook www.facebook.com
0%	#nuevafotodeperfil	2%	vida	0.5%	Sob	0.9%	Twitter for Windows Phone www.twitter.com
0%	#noticias	2%	siempre	0.5%	Face With Rolling Eyes	0.5%	Mobile Web (M2) mobile.twitter.com
0%	#despedidadesolteros	2%	todos	0.5%	Pray	0.4%	dlvr.it dlvr.it.com
0%	#uruguay	2%	porque			0.4%	Curious Cat curiouscat.me
0%	#19abr	2%	ahora			0.4%	TweetDeck about.twitter.com

Venezuela

Filters

Query

Dates: Custom...

Language: All

Country: Venezuela

Region: Select

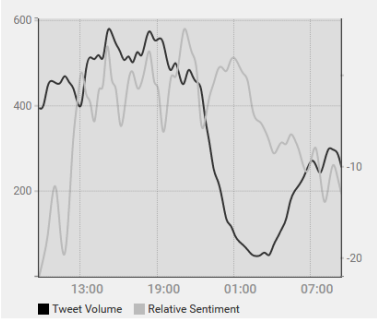
Update

Clear

Summary

7,386,800 tweets
5,125,500 retweets (69%)
471,600 replies (6%)
13,600 TPM max
24.0 hour/s of data
43% Female, **57**% Male

Timeline



Conversation (‰)

295‰	Táchira
262‰	Mérida
252‰	Carabobo
250‰	Distrito Capital
241‰	Barinas
233‰	Trujillo
215‰	Cojedes
208‰	Bolívar
189‰	Zulia
182‰	Lara

States

41%	Distrito Capital
8%	Carabobo
7%	Zulia
6%	Bolívar
6%	Aragua
6%	Táchira
5%	Lara
5%	Miranda
3%	Mérida
2%	Anzoátegui

City

41%	Caracas, VE
6%	Maracaibo, VE
5%	Valencia, VE
5%	Barquisimeto, VE
4%	Maracay, VE
3%	Mérida, VE
2%	San Cristóbal, VE
2%	Puerto Ordaz, VE
1%	Maturín, VE
1%	Barinas, VE

Languages

94%	Spanish
5%	English

Hashtags

5%	#19abr
4%	#19vzlaenlacalle
3%	#venezuela
2%	#19a
2%	#nicolasmaduroasesino
2%	#yosimarchoporlapatria
2%	#19abril
1%	#caracas
1%	#yosimarchoporlapaz
1%	#ahora

Words

8%	venezuela
6%	pueblo
5%	maduro
4%	gnb
4%	caracas
4%	represión
4%	colectivos
3%	contra
3%	así
3%	calle

Emojis

0.3%	❤️ Heart
0.3%	😍 Heart Eyes
0.2%	🙏 Pray
0.2%	💙 Blue Heart
0.2%	😂 Joy
0.2%	💔 Broken Heart
0.2%	💛 Yellow Heart
0.2%	👉 Point Right
0.1%	👇 Point Down

Source Apps

44.3%	Twitter for Android twitter.com
22.4%	Twitter Web Client twitter.com
12.2%	Twitter for iPhone twitter.com
4.5%	TweetDeck about.twitter.com
1.8%	Twitter for iPad twitter.com
1.7%	Twitter Lite mobile.twitter.com
1.3%	Facebook www.facebook.com
1.3%	dlvr.it dlvrit.com
1.2%	IFTTT ifttt.com
0.8%	Mobile Web (M2) mobile.twitter.com

Belice

Filters

Query

Dates: Custom...

Language: All

Country: Belize

Region: Select

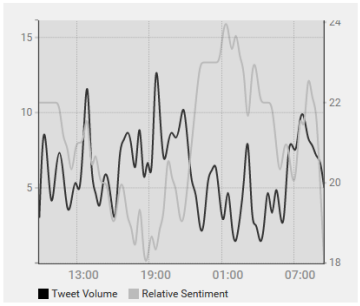
Update

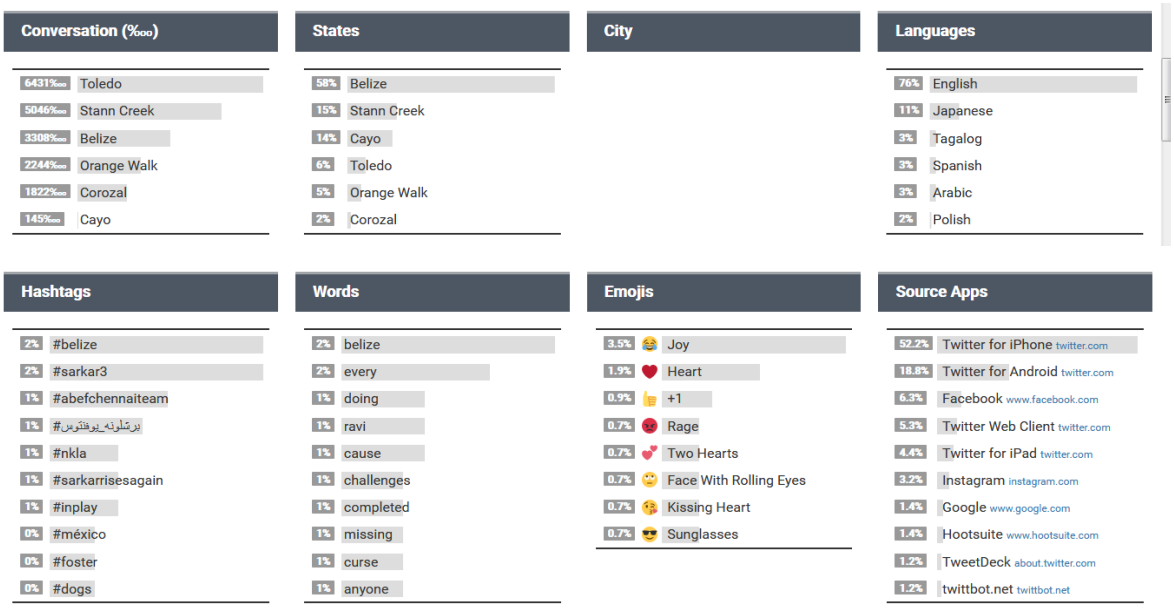
Clear

Summary

5,000 tweets
1,600 retweets (32%)
1,200 replies (24%)
46 TPM max
24.0 hour/s of data
42% Female, **58**% Male

Timeline





Conversation (‰)

6431‰	Toledo
5046‰	Stann Creek
3308‰	Belize
2244‰	Orange Walk
1822‰	Corozal
145‰	Cayo

States

58%	Belize
15%	Stann Creek
14%	Cayo
6%	Toledo
5%	Orange Walk
2%	Corozal

City

Languages

76%	English
11%	Japanese
3%	Tagalog
3%	Spanish
3%	Arabic
2%	Polish

Hashtags

2%	#belize
2%	#sarkar3
1%	#abefchennaiteam
1%	#برشلونه_يوفنتوس
1%	#nkla
1%	#sarkarrisesagain
1%	#inplay
0%	#méxico
0%	#foster
0%	#dogs

Words

2%	belize
2%	every
1%	doing
1%	ravi
1%	cause
1%	challenges
1%	completed
1%	missing
1%	curse
1%	anyone

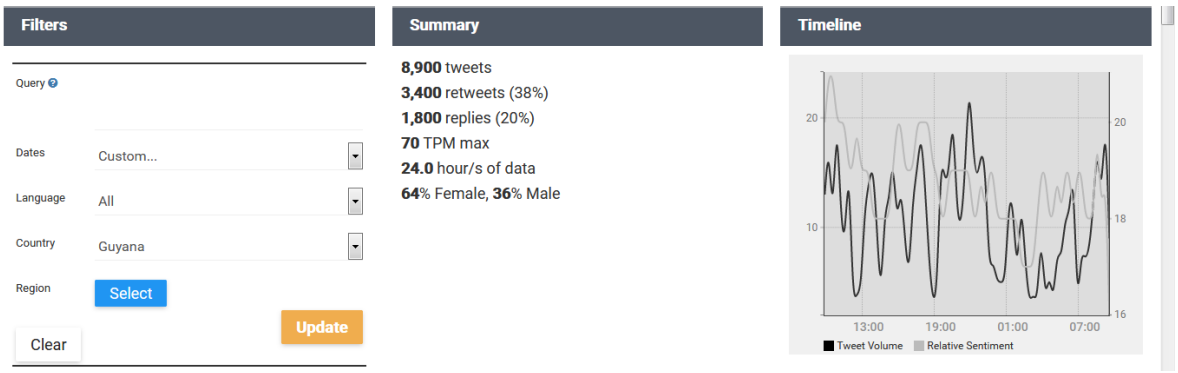
Emojis

3.5%	Joy
1.9%	Heart
0.9%	+1
0.7%	Rage
0.7%	Two Hearts
0.7%	Face With Rolling Eyes
0.7%	Kissing Heart
0.7%	Sunglasses

Source Apps

52.2%	Twitter for iPhone twitter.com
18.8%	Twitter for Android twitter.com
6.3%	Facebook www.facebook.com
5.3%	Twitter Web Client twitter.com
4.4%	Twitter for iPad twitter.com
3.2%	Instagram instagram.com
1.4%	Google www.google.com
1.4%	Hootsuite www.hootsuite.com
1.2%	TweetDeck about.twitter.com
1.2%	twittbot.net twittbot.net

Guyana



Filters

Query

Dates: Custom...

Language: All

Country: Guyana

Region: Select

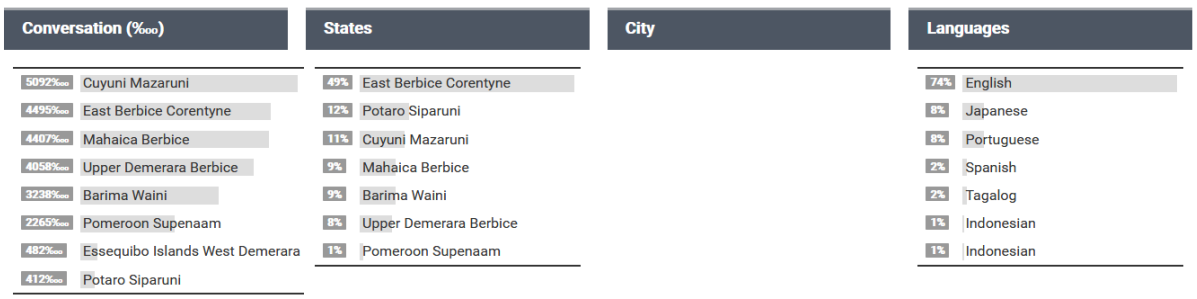
Update

Clear

Summary

8,900 tweets
3,400 retweets (38%)
1,800 replies (20%)
70 TPM max
24.0 hour/s of data
64% Female, **36**% Male

Timeline



Conversation (‰)

5092‰	Cuyuni Mazaruni
4495‰	East Berbice Corentyne
4407‰	Mahaica Berbice
4058‰	Upper Demerara Berbice
3238‰	Barima Waini
2265‰	Pomeroon Supenaam
482‰	Essequibo Islands West Demerara
412‰	Potaro Siparuni

States

49%	East Berbice Corentyne
12%	Potaro Siparuni
11%	Cuyuni Mazaruni
9%	Mahaica Berbice
9%	Barima Waini
8%	Upper Demerara Berbice
1%	Pomeroon Supenaam

City

Languages

74%	English
8%	Japanese
8%	Portuguese
2%	Spanish
2%	Tagalog
1%	Indonesian
1%	Indonesian

Hashtags	
2%	#爆豪勝己生誕祭2017
1%	#爆豪勝己爆誕祭2017
0%	#happyluhanday
0%	#touro
0%	#nofraudsonvevo
0%	#freeformupfront
0%	#f82017
0%	#holdinmebackatmidnight
0%	#alieshasituneschronicles
0%	#uaapfootball

Words	
1%	everything
1%	exo
1%	every
1%	ateneo
1%	because
1%	excited
1%	gospel
1%	loved
1%	guyana
1%	imagine

Emojis	
2.1%	Joy
1.6%	Heart Eyes
1.3%	Heart
1.0%	Sob
0.5%	Pensive
0.4%	Pray
0.4%	First Quarter Moon With Face
0.4%	Tada
0.4%	Taurus

Source Apps	
50.0%	Twitter for iPhone twitter.com
27.9%	Twitter for Android twitter.com
7.0%	Facebook www.facebook.com
3.6%	Twitter Web Client twitter.com
1.6%	IFTTT ifttt.com
1.4%	Radio.co now playing radio.co
1.3%	Twitter Lite mobile.twitter.com
1.2%	WordPress.com publicize.wp.com
1.2%	Twitter for iPad twitter.com
0.8%	Google www.google.com

Brasil

Filters

Query

Dates: Custom...

Language: All

Country: Brazil

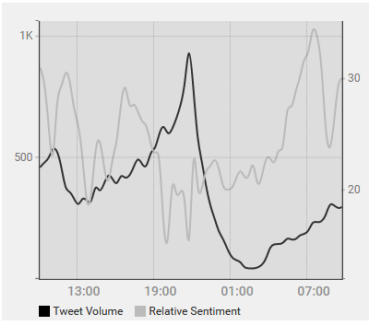
Region: Select

Clear | Update

Summary

33,553,200 tweets
13,123,300 retweets (39%)
5,300,100 replies (16%)
100,700 TPM max
24.0 hour/s of data
53% Female, **47**% Male

Timeline



Conversation (‰)	
36‰	Rio Grande Do Sul
34‰	Maranhão
34‰	Rondônia
32‰	Pernambuco
32‰	Goiás
32‰	Roraima
31‰	Tocantins
30‰	São Paulo
30‰	Alagoas
29‰	Ceará

States	
29%	Rio De Janeiro
19%	São Paulo
12%	Rio Grande Do Sul
7%	Minas Gerais
5%	Paraná
4%	Santa Catarina
3%	Pernambuco
2%	Espírito Santo
2%	Goiás
2%	Bahia

City	
15%	Rio, BR
8%	São Paulo, BR
3%	Belo Horizonte, BR
3%	Porto Alegre, BR
2%	Recife, BR
2%	Curitiba, BR
2%	Rio Grande, BR
1%	Goiânia, BR
1%	Vila Velha, BR
1%	Florianópolis, BR

Languages	
85%	Portuguese
10%	English
3%	Spanish

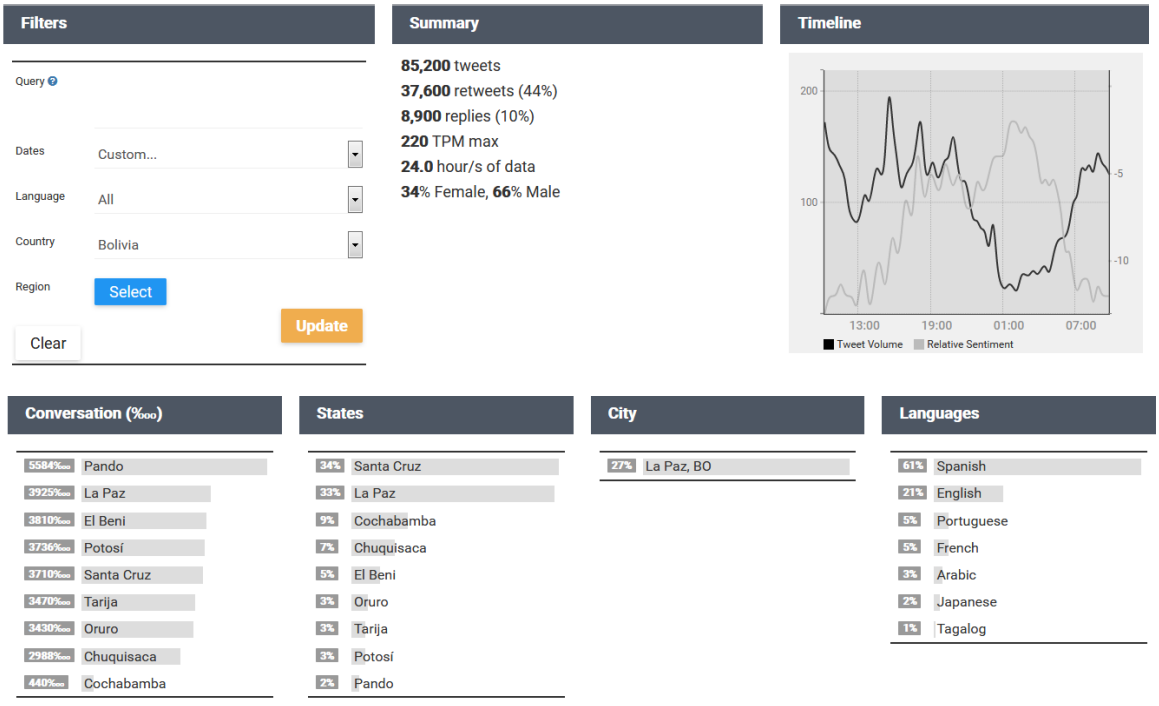
Hashtags	
0%	#pabllovittarnotvz
0%	#ssp
0%	#comunidade
0%	#iot
0%	#holdinmebackatmidnight
0%	#umrei
0%	#videolove
0%	#nofraudsonvevo
0%	#lustforlife
0%	#peitudas

Words	
4%	minha
3%	hoje
2%	vida
2%	pessoas
2%	quero
2%	agora
1%	fazer
1%	jogo
1%	queria
1%	tenho

Emojis	
2.5%	Heart
1.8%	Joy
1.3%	Heart Eyes
0.5%	Notes
0.4%	Pray
0.4%	Blue Heart
0.3%	Clap
0.3%	Sob

Source Apps	
48.7%	Twitter for Android twitter.com
25.4%	Twitter for iPhone twitter.com
12.2%	Twitter Web Client twitter.com
3.2%	Twitter Lite mobile.twitter.com
2.3%	Facebook www.facebook.com
1.2%	TweetDeck about.twitter.com
0.8%	Twitcom - Comunidades www.twitcom.com.br
0.6%	Google www.google.com
0.6%	Instagram instagram.com
0.5%	Twitter for Windows Phone www.twitter.com

Bolivia


Filters
Query
Dates
Custom...
Language
All
Country
Bolivia
Region
Select
Update
Clear
Summary
85,200 tweets
37,600 retweets (44%)
8,900 replies (10%)
220 TPM max
24.0 hour/s of data
34% Female, 66% Male
Timeline
200
100
-5
-10
13:00
19:00
01:00
07:00
Tweet Volume
Relative Sentiment
Conversation (‰)
5584‰ Pando
3925‰ La Paz
3810‰ El Beni
3736‰ Potosí
3710‰ Santa Cruz
3470‰ Tarija
3430‰ Oruro
2988‰ Chuquisaca
440‰ Cochabamba
States
34% Santa Cruz
33% La Paz
9% Cochabamba
7% Chuquisaca
5% El Beni
3% Oruro
3% Tarija
3% Potosí
2% Pando
City
27% La Paz, BO
Languages
61% Spanish
21% English
5% Portuguese
5% French
3% Arabic
2% Japanese
1% Tagalog
Hashtags
2% #bolivia
1% #venezuela
1% #último
1% #ahora
0% #votemikanopmmb
0% #anf
0% #bolívar
0% #19vzlaenlacalle
0% #lapaz
0% #atlenzacatecas
Words
2% venezuela
2% bolivia
1% vida
1% todo
1% maduro
1% vía
1% mundo
1% sobre
1% todos
1% contra
Emojis
2.1% Joy
1.6% Heart
1.2% Heart Eyes
0.6% Sob
0.4% Raised Hands
0.4% Fire
0.3% Pray
0.3% Wink
Source Apps
39.1% Twitter for Android twitter.com
15.9% Twitter for iPhone twitter.com
13.9% Twitter Web Client twitter.com
13.1% Facebook www.facebook.com
5.3% TweetDeck about.twitter.com
1.2% dlvr.it dlvrit.com
1.1% Twitter for iPad twitter.com
1.0% Instagram instagram.com
1.0% Mobile Web (M2) mobile.twitter.com
0.8% Twitter Lite mobile.twitter.com

Anexo 4. Comunicación generada por el departamento de Relaciones Públicas de la Universidad Tecnológica Equinoccial