

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN
SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

Sensado participativo para movilidad urbana

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Miguel Ángel Ylizaliturri Salcedo

Ensenada, Baja California, México
2014

Tesis defendida por
Miguel Ángel Ylizaliturri Salcedo

y aprobada por el siguiente Comité

Dr. José Antonio García Macías
Co-director del Comité

Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa
Co-director del Comité

Dr. Jaime Sánchez García
Miembro del Comité

Dr. Jesús Favela Vara
Miembro del Comité

Dra. Ana Isabel Martínez García
Coordinador del Posgrado en
Ciencias de la Computación

Dr. Jesús Favela Vara
Director de Estudios de Posgrado

Septiembre, 2014

Resumen de la tesis que presenta **Miguel Ángel Ylizaliturri Salcedo** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación.

Sensado participativo para movilidad urbana

Resumen elaborado por:

Miguel Ángel Ylizaliturri Salcedo

La población mundial se ha vuelto preponderantemente urbana, razón por la cual es de particular interés para autoridades y planeadores el poder monitorizar los espacios urbanos. Esto les permite proponer leyes, reglamentaciones, políticas y soluciones a problemas con un fuerte impacto económico, ambiental y de salud pública en el dominio de la movilidad urbana. Una técnica apropiada para la monitorización continua de las ciudades es el sensado participativo, un paradigma que empodera a los ciudadanos a crear campañas de sensado para coleccionar datos empleando los sensores incorporados en los dispositivos que emplean en su vida diaria. En esta tesis se propone el Sistema Driving Habits, cuya finalidad es la de apoyar a conductores de vehículos automotores a adquirir conciencia sobre sus hábitos de manejo al identificar las maniobras relacionadas con el manejo agresivo (i.e. exceso de velocidad, enfrenado, aceleración y volanteo abruptos).

Esto se logra al sensar datos provenientes de los sensores acelerómetro y GPS disponibles en dispositivos móviles Android (i.e. teléfonos inteligentes y tabletas) y un dispositivo Bluetooth ELM327 conectado al puerto estándar OBD-II con que cuentan los vehículos fabricados a partir de 1996 para capturar información (i.e. trazas de movilidad, información sobre la operación del motor del vehículo y datos de acelerómetro). Los trabajos previos carecen de contexto relacionado con la presencia de estos malos hábitos de manejo. En contraste, el Sistema Driving Habits permite al conductor precisar las causas de sus comportamientos agresivos, lo que permite a su vez identificar problemas del entorno urbano (i.e. tráfico, baches, topes, señales deficientes, etc.). El Sistema Driving Habits provee retroalimentación al conductor a través de una interfaz semejante a la de un sistema de navegación GPS, cuatro íconos que muestran el desempeño del conductor respecto a las maniobras mencionadas, y mensajes de voz para promover la conciencia y reflexión del conductor en sus hábitos de manejo. El Sistema Driving Habits se evaluó en tres campañas de sensado participativo en la ciudad de Ensenada, B.C., durante los meses de julio y agosto de 2014. Los resultados muestran que el Sistema fue útil y fácil de usar para los participantes del estudio. Se encontró evidencia cualitativa de un cambio de conciencia de los conductores, no solo respecto a sus hábitos de manejo, sino respecto a los hábitos de otros conductores. Los resultados además indican que el Sistema Driving Habits ayuda a conocer aspectos del entorno urbano y patrones de movilidad.

Palabras clave: **Sensado Participativo, Manejo Agresivo, Hábitos de Manejo, Entorno Urbano**

Abstract of the thesis presented by Miguel Ángel Ylizaliturri Salcedo as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Computer Science.

Participatory Sensing for Urban Mobility

Abstract by:

Miguel Ángel Ylizaliturri Salcedo

As the world's population is becoming predominantly urban, it is of particular interest for authorities and planners to monitor urban spaces, because it allows proposing regulations, politics and solutions to problems with a deep economic, environmental, and public health impact in the domain of urban mobility. One appropriate technique for the continuous measuring and monitoring of cities is participatory sensing, a paradigm empowering users to create "sensing campaigns" to collect data, leveraging the sensing technology they use in their everyday lives. In this dissertation, we propose the Driving Habits System for supporting drivers to become aware about their driving habits, identifying aggressive driving behavior maneuvers (i.e. excessive braking, abrupt acceleration, swerving, and speeding). The system achieves this by using accelerometer and GPS sensors available in Android mobile devices and a Bluetooth ELM327 device attached to the OBD-II standard port of vehicles, available in vehicles built after 1996, to capture information (i.e., mobility traces, vehicle engine information and accelerometer data). The works reported in the literature shows a lack of context information related with aggressive driving. In contrast, the Driving Habits System allows drivers to clarify the causes of the risky driver behavior thus helping to identify urban problems (i.e., traffic, potholes, bumps, poor signals, etc.).

The Driving Habits System provides drivers feedback using a GPS navigation system like interface, and four indicators for showing the driver performance in the aggressive maneuvers mentioned and voice notifications, for raising awareness in the participant of its own driving behavior. The Driving Habits System were evaluated in three participatory sensing campaigns deployed in the city of Ensenada, B.C., in the months of July and August of 2014. The results show that the system was useful and easy to use for the study participants. Qualitative evidence supports a change of awareness not only in the driving habits of the participants, but also others drivers' habits. The results shows also that the Driving Habits System helps to discover information about the urban environment and the mobility patterns.

Keywords: Participatory Sensing, Aggressive Driving, Driving Habits, Urban Environment

Dedicatoria

A mis padres, hermanos y a todos los que han creído en mí.

Agradecimientos

A mis asesores, Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa y Dr. José Antonio García Macías por su apoyo, paciencia, ideas, y guía.

A los miembros de mi comité de tesis, Dr. Jaime Sánchez García y Dr. Jesús Favela Vara, por los valiosos comentarios y observaciones que me hicieron a lo largo de este año de tesis.

A mis compañeros Saúl Delgadillo Rodríguez, Carlos Refugio Hernández Flores y Ana Karen Velázquez Sánchez por permitirme experimentar con sus automóviles y su privacidad durante el desarrollo de esta investigación.

A la Ing. Renee Valderrama Carrión por su ayuda al elaborar los gráficos del sistema.

A Lydia Salazar Ochoa, Carolina Amador Tavares y muy especialmente a la Lic. Angélica Lomelí Contreras, por el apoyo en el área de administración durante el curso de este trabajo.

A los informantes que fueron entrevistados o que tomaron parte en las sesiones de diseño participativo y el grupo focal durante el desarrollo de la investigación.

A los veintitrés conductores que formaron parte del estudio de evaluación, por aventurarse a probar el sistema que se describe en esta tesis y no tener accidentes durante su uso.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C. por brindarme la oportunidad y las mejores condiciones para cursar estos estudios de Maestría en Ciencias.

A la IEIA Scholarship Foundation y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico que me otorgaron para realizar esta investigación.

Tabla de contenido

Resumen en español	ii
Resumen en inglés.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Lista de figuras.....	x
Lista de tablas	xii
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Preguntas de Investigación	3
1.4. Objetivos de la Investigación.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Metodología.....	4
1.5.1. [OE1] Diseño del sistema	4
1.5.2. [OE2] Implementación y desarrollo del sistema	5
1.5.3. [OE3] Evaluación del sistema.....	5
1.6. Organización de la tesis	6
Capítulo 2. Marco Teórico	8
2.1. Sensado centrado en las personas	8
2.1.1. Paradigmas y escalas del sensado centrado en las personas	9
2.1.1.1. Sensado Oportunista	9
2.1.1.2. Sensado Participativo	9
2.1.2. Sensado Urbano.....	10
2.2. Trabajo Relacionado.....	11
2.2.1. Adquirir conciencia del entorno de movilidad	11
2.2.2. Propiciar la reflexión	13
2.2.3. Persuadir al individuo	14
2.2.4. Sistemas para detectar el manejo agresivo.....	16
2.2.4.1. Comparación de sistemas para detectar el manejo agresivo	18
2.3. Resumen y conclusiones	19

Tabla de contenido (continuación)

Capítulo 3. Estudio contextual	21
3.1. Metodología	21
3.1.1. Reclutamiento.....	21
3.1.2. Recolección de datos	22
3.1.3. Análisis de datos	22
3.2. Resultados	23
3.2.1. Identificación de las necesidades del ciudadano.....	23
3.2.2. Características deseables en un sistema móvil interactivo para compartir información sobre el entorno urbano.....	24
3.2.3. Compartir información	25
3.2.4. Entendimiento del comportamiento del conductor.....	26
3.2.5. Contexto de los hábitos de manejo agresivos.	27
3.3. Historia de usuario	28
3.4. Conclusiones y resumen	29
Capítulo 4. Diseño e Implementación del Sistema Driving Habits	31
4.1. Métodos de diseño	31
4.2. Principios de diseño	32
4.2.1. Motivar la participación de los usuarios durante una campaña de sentido participativo	32
4.2.2. Extender una interfaz conocida por los conductores	32
4.2.3. Capturar el contexto relacionado con los hábitos de manejo agresivos. ..	33
4.2.4. Ergonomía	34
4.3. Diseño del Sistema Driving Habits	35
4.3.1. Escenario de uso.....	37
4.4. Implementación del Sistema Driving Habits	39
4.4.1. Primeras versiones del Sistema Driving Habits	39
4.4.2. Arquitectura del Sistema Driving Habits	40
4.4.3. Nodo Dispositivo ELM327	41
4.4.4. Nodo Dispositivo móvil	42
4.4.4.1. Interfaz de Usuario.....	42
4.4.4.2. Servicio Ubicación	42
4.4.4.3. Servicio OBD-II	43
4.4.4.4. Servicio Acelerómetro.....	45
4.4.4.5. Escucha de WiFi.....	48
4.4.5. Nodo Servidor de aplicación.....	49
4.4.6. Nodo Consola del administrador de la campaña	49
4.5. Resumen y conclusiones	50

Tabla de contenido (continuación)

Capítulo 5. Evaluación del Sistema Driving Habits	52
5.1. Métodos	52
5.1.1. Diseño del estudio	52
5.1.2. Reclutamiento y perfil de los participantes	53
5.1.3. Configuración del Sistema.....	55
5.1.4. Actividades de los participantes	57
5.1.4.1. Cuestionario sobre Hábitos de Manejo en Español	57
5.1.4.2. Instalación.....	58
5.1.4.3. Intervención	58
5.1.4.4. Retiro	59
5.1.5. Análisis de datos	60
5.2. Resultados.....	61
5.2.1. Estadística de uso del Sistema Driving Habits	61
5.2.1.1. Detección de eventos de volanteo abrupto	62
5.2.1.2. Detección de eventos de exceso de velocidad	64
5.2.1.3. Detección de eventos de enfrenado abrupto	65
5.2.1.4. Detección de eventos de acelerado abrupto.....	66
5.2.2. Encuesta de Aceptación del Sistema	67
5.2.3. Uso del sistema por el conductor	74
5.2.4. Usos potenciales	75
5.2.5. Conciencia de hábitos de manejo.....	76
5.2.6. Conciencia del manejo colectivo	79
5.2.7. Entorno urbano.....	79
5.2.8. Derecho a la privacidad.....	81
5.3. Resumen y conclusiones	81
Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro	83
6.1. Conclusiones	83
6.2. Limitaciones	84
6.3. Aportaciones	85
6.4. Trabajo futuro.....	86
Lista de referencias.....	89
Apéndice 1 Protocolo de entrevista (Conductores y peatones)	93
Apéndice 2 Protocolo de entrevista (Policía).....	90
Apéndice 3 Protocolo de Entrevista a Conductores	95
Apéndice 4 Protocolo de Encuesta de Entrada	98
Apéndice 5 Documento de Consentimiento del Participante.....	102

Tabla de contenido (continuación)

Apéndice 6 Protocolo de Encuesta de Aceptación y Uso del Sistema Driving	
Habits	107
Apéndice 7 Protocolo de Entrevista para la Evaluación del Sistema Driving	
Habits	110

Lista de figuras

Figura		Página
1	Metodología de la investigación.	6
2	Roma en tiempo real. (Calabrese et al., 2011).	13
3	Mapa de calor de Beijing. (Zheng et al., 2011).	14
4	GreenGPS. (R. K. Ganti et al., 2010).	15
5	Sistemas que utilizan un dispositivo adaptador OBD-II propietario.	16
6	Sistemas que utilizan el acelerómetro.	17
7	Sesión de interpretación de datos.	22
8	Ubicación de despliegues de información y su influencia en el comportamiento del conductor (Gugg et al., 2006)	34
9	Boceto inicial del Sistema Driving Habits.	35
10	Pantalla principal del prototipo de alta fidelidad.	36
11	Pantalla de captura de información relacionada con las emociones del conductor.	37
12	Pantalla de captura de información relacionada con los eventos de manejo.	37
13	Primera y Segunda versión del Sistema Driving Habits.	39
14	Trayectoria de los recorridos para generar los eventos de prueba.	40
15	Arquitectura del Sistema Driving Habits.	41
16	Dispositivo Bluetooth ELM327 que se conecta al vehículo en su puerto OBD-II.	43
17	Ejemplo de velocidad registrada en un recorrido.	44
18	Ejemplo de lectura proveniente del acelerómetro una vez que se ha retirado el vector de gravedad.	45
19	Ejemplo de datos sobre orientación del dispositivo.	47
20	Ejemplo de un evento de frenado abrupto.	48
21	Ejemplo de visualización en la consola del administrador de campaña.	49
22	Poster que se utilizó para publicitar el estudio de evaluación del Sistema Driving Habits.	54
23	Montaje de la tableta en el vehículo de los participantes.	56

Lista de figuras (continuación)

Figura		Página
24	Ubicación del dispositivo ELM327 conectado al puerto OBD-II en el vehículo de los participantes.....	57
25	Puntaje de los participantes en el estudio en el Cuestionario sobre Hábitos de Manejo en Español.....	58
26	Kilómetros reportados por participante.....	62
27	Eventos de volanteo abrupto por participante.....	63
28	Eventos de exceso de velocidad por participante.....	64
29	Eventos de enfrenado abrupto por participante.....	66
30	Eventos de acelerado abrupto por conductor.....	67
31	Resultados por categoría del Cuestionario CTAM de la encuesta de aceptación del sistema.....	68
32	Preferencia de visualización de los conductores.....	74
33	Comparación entre el Sistema Driving Habits y la Encuesta de Hábitos de Manejo según los conductores.....	77
34	Comparación de la autopercepción del participante antes y después de la intervención.....	78

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Taxonomía para proyectos de sensado centrado en las personas sobre movilidad urbana.	11
2	Comparación de sistemas para detectar el manejo agresivo	18
3	Características de los informantes.	21
4	Representación de los hábitos de manejo en el prototipo de alta fidelidad.	36
5	Valores de referencia para la detección de maniobras agresivas según (Dai et al., 2010).....	48
6	Detalle de los sujetos que participaron durante el estudio de evaluación del Sistema Driving Habits.	55
7	Campañas de sensado participativo.....	59
8	Tiempo total de entrevistas por participante	60
9	Alfa de Cronbach para cada categoría del cuestionario CTAM.	68
10	Resultados de la encuesta de aceptación del sistema.	72

Capítulo 1 Introducción

1.1. Motivación

Según reporta INEGI en los resultados del Censo de Población y Vivienda del año 2010, el 78% de la población en México actualmente habita en zonas urbanas¹, cifra que para el estado de Baja California, corresponde al 92% de su población total². Esto muestra que la habilidad para diseñar y monitorear los espacios urbanos se vuelve crucial para permitir el bienestar social y económico (Lathia, Quercia, and Crowcroft, 2012).

Una cuestión que incide en la calidad de vida de los habitantes de los espacios urbanos es la movilidad urbana. Tan solo el sector transporte representó en 2004, el 23% de las emisiones mundiales de CO₂ a la atmósfera y el consumo del 26% de la energía utilizada en todo el mundo (Barker T. et al., 2007). En 2009 existían en el país más de 30 millones de vehículos registrados, de los cuales, 20 millones corresponden a automóviles y otros vehículos de cuatro ruedas (Organization World Health, 2013). Esto justifica proponer esquemas que coadyuven a identificar las problemáticas que afectan a la movilidad urbana.

Este tema es relevante, puesto que la Organización Mundial de la Salud reporta que tan solo en 2010 en el mundo se perdieron 1.24 millones de vidas en accidentes de tránsito. En (Organization World Health, 2013) se precisa que actualmente los accidentes de tránsito representan la octava causa de muerte a nivel global, y la primera en el grupo de edad entre los 15 y 29 años. Tan solo en 2009, se reportaron en el país 17,820 muertes a causa de accidentes de tránsito, de las cuales el 23% corresponde a ocupantes de vehículos, y 29% a peatones.

¹ <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo114&s=est&c=23643>

² <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/default.aspx?tema=me&e=02>

Además de la pérdida de vidas, existe un fuerte impacto económico, pues el costo derivado de accidentes de vehículos a motor asciende al 1.7% del PIB del país³. En ese sentido, cobra importancia hacer visibles no solamente los patrones de movilidad urbana, sino los hábitos de manejo inseguros de los conductores que manifiestan un manejo agresivo.

El manejo agresivo podemos identificarlo como aquel que aumenta el riesgo de colisiones, y que es habitual en los conductores, sobre todo cuando se ven motivados por la impaciencia, molestia u hostilidad; este se manifiesta a través de distintos hábitos al momento de conducir. De acuerdo a (Tasca, 2000), el manejo agresivo puede reconocerse por seis maniobras (i.e. aceleración, enfrenado y cambios de carril abruptos, no ceder el derecho de paso, saltarse altos o luces rojas y el exceso de velocidad). Según (Johnson and Trivedi, 2011) se puede identificar a quienes practican un manejo agresivo, mediante dispositivos inteligentes gracias a la fusión de sensores que estos ofrecen (e.g., acelerómetros, giroscopios, magnetómetros, GPS, vídeo).

En esta tesis se plantea que al permitir al conductor reflexionar sobre los datos adquiridos al monitorear su propio manejo, se fomentará la conciencia de sus hábitos, y permitirá orientarlo hacia estilos de conducción responsables.

1.2. Planteamiento del Problema

La necesidad de proporcionar algún incentivo al ciudadano para lograr su colaboración en las campañas de sensado urbano participativo constituye un problema persistente, ya que los proyectos presentes en la literatura se enfocan en dar visibilidad al entorno urbano a un nivel colectivo, sin propiciar que el individuo entienda su contribución en una visión global.

El movimiento cuantíficáte a ti mismo⁴ se presenta como una oportunidad para que la captura de datos se convierta a la vez en un incentivo, pues además de persuadir al

³ <http://eleconomista.com.mx/sistema-financiero/2014/02/11/accidentes-viales-cuestan-17-pib-axa>

⁴ <http://quantifiedself.com/>

ciudadano a capturar sus datos, promueve la reflexión y autodescubrimiento sobre sus hábitos y estilo de vida.

Un área interesante de estudio es la aplicación de estas técnicas en el monitoreo del tráfico y movilidad urbana. Los trabajos previos demuestran la relevancia de capturar datos en el mundo real, que apunten a mejorar la seguridad vial y brindar información útil para la planeación urbana. Estos proyectos tienen por característica el propiciar que el conductor se refleje en sus datos, o bien, informar a las autoridades competentes sobre las tendencias de movilidad en las ciudades, incluyendo el tráfico o los modos de manejo.

1.3. Preguntas de Investigación

En esta tesis se busca responder el siguiente conjunto de preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los hábitos de manejo de un conductor que se pueden medir en una campaña de sensado participativo?
- ¿Qué mecanismos se pueden utilizar para promover la auto-reflexión en el conductor respecto a sus hábitos de manejo al participar en una campaña de sensado participativo?
- ¿Cuál es la visualización adecuada para promover la auto-reflexión de los hábitos de manejo de un conductor al analizar información capturada mediante campañas de sensado participativo?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

De acuerdo a las necesidades y preguntas expuestas, se propone el siguiente objetivo general:

Diseñar, implementar y evaluar un sistema móvil que permita a conductores de automóvil capturar datos de movilidad y que fomente la auto-reflexión respecto a sus hábitos de manejo en una campaña de sensado participativo

1.4.2. Objetivos Específicos

El objetivo general se articula mediante el logro de los siguientes objetivos específicos:

- [OE1] Diseñar un sistema que permita desarrollar una campaña de sensado participativo que capture información mediante sensores, como GPS, acelerómetro, sistema OBD-II⁵, instalados en vehículos automotores en entornos urbanos.
- [OE2] Implementar un sistema que permita al participante visualizar y auto-reflejarse en datos asociados a sus hábitos de manejo.
- [OE3] Realizar una intervención in-situ para estudiar el impacto potencial que el uso del sistema podría producir en la conciencia del conductor respecto a sus hábitos de manejo.

1.5. Metodología

En esta tesis se emplean técnicas de diseño contextual rápido para el desarrollo de un sistema móvil, además de métodos cualitativos y cuantitativos para la evaluación del prototipo resultante (Figura 1). Se atenderán los objetivos específicos en tres etapas claramente delimitadas:

1.5.1. [OE1] Diseño del sistema

En esta etapa se eligen las variables que caracterizan el manejo agresivo y que se medirán con el sistema (e.g., patrones de frenado, actitud en el manejo). Además, se realiza un estudio formativo, que incluye la realización de entrevistas semiestructuradas y sesiones participativas de diseño con conductores y usuarios potenciales para conocer las mejores maneras de capturar información y visualizar los datos. Esta información se utiliza para diseñar escenarios de uso que evidencien cómo el sensado participativo

⁵ On Board Diagnostics-II, se trata de un sistema de diagnóstico a bordo en vehículos (automóviles y camiones) que aporta un monitoreo y control del motor y otros dispositivos del vehículo obligatorio a partir de 1996.

puede apoyar en la medición y la auto-reflexión de hábitos de manejo asociados al manejo agresivo.

Como resultado de esta etapa se busca entender el fenómeno e identificar los aspectos clave que permitan motivar al conductor a emplear el sistema, sin caer en la coerción o la invasión de su privacidad. Los productos entregables incluyen prototipos de baja y mediana fidelidad de los componentes del sistema, y los posibles escenarios de uso asociados.

1.5.2. [OE2] Implementación y desarrollo del sistema

En esta etapa se realiza la implementación del sistema. Se utilizan los prototipos de baja y mediana fidelidad, y escenarios de diseño [OE1] resultantes de la fase anterior para implementar el prototipo final. Además, se evalúan las mejores técnicas disponibles para procesar y visualizar la información. Los productos entregables incluyen un prototipo de alta fidelidad de aplicación móvil para permitir al conductor conocer sus datos y un servidor de aplicación funcional.

1.5.3. [OE3] Evaluación del sistema

En la etapa final, se evalúa el sistema propuesto en un estudio sumativo para demostrar la factibilidad técnica, y explorar si el uso de esta aplicación tiene un impacto en la conciencia de manejo del conductor.

En esta etapa se realiza un estudio in-situ donde los participantes utilizan la tecnología y la aplicación por un periodo determinado. Durante esta fase se dota a los participantes de un dispositivo móvil (i.e., teléfono inteligente o tableta) y un dispositivo adaptador Bluetooth ELM327 para recolectar datos del sistema OBD-II de su vehículo, relevantes para conocer sus hábitos de movilidad.

Se revisa finalmente la información adquirida para realizar conclusiones sobre el funcionamiento del sistema y evaluar el impacto en las prácticas de manejo de los conductores. Como producto entregable se presenta evidencia del uso de la aplicación

para la creación de campañas de sentido participativo para conocer los hábitos de manejo de los conductores.

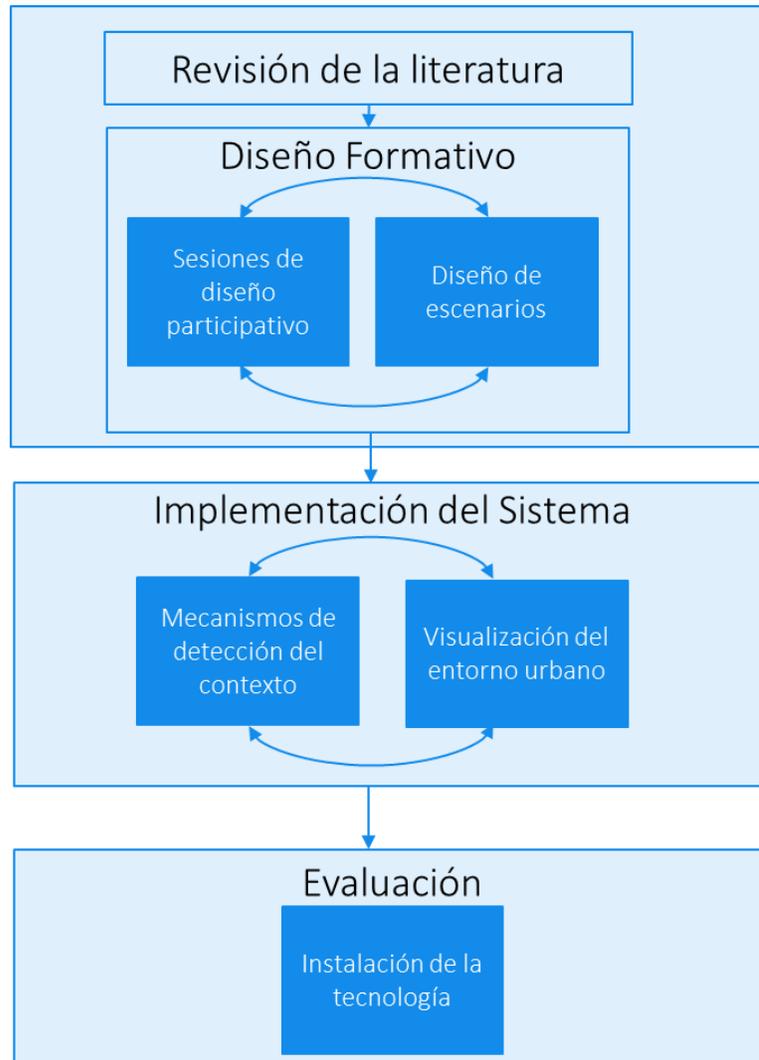


Figura 1. Metodología de la investigación.

1.6. Organización de la tesis

Este trabajo de tesis contiene 6 capítulos incluyendo esta introducción, organizados de la siguiente manera:

En el capítulo 2 se presenta el marco teórico y trabajo relacionado. El capítulo inicia con la definición de sentido centrado en las personas, y se muestran sus paradigmas derivados: el sentido participativo y el sentido oportunista. Se describen

algunos proyectos realizados en el ámbito de la movilidad urbana y se muestran los sistemas de detección del manejo agresivo encontrados en la literatura.

En el capítulo 3 se muestra el desarrollo y resultados de un estudio contextual que se realizó con el fin de identificar los problemas, necesidades y prácticas relacionadas con los hábitos de manejo agresivo.

En el capítulo 4 se describe detalladamente el diseño e implementación de los componentes del Sistema Driving Habits y los mecanismos de detección de los hábitos de manejo utilizados.

En el capítulo 5 se describe el desarrollo de tres campañas de sensado participativo realizadas en la ciudad de Ensenada, B.C. con el fin de estudiar el impacto potencial del Sistema Driving Habits en la conciencia de los conductores respecto a sus hábitos de manejo. Se muestran los métodos de evaluación utilizados y se discuten los resultados obtenidos.

Finalmente, en el capítulo 6 se presentan las conclusiones y aportaciones de este trabajo, así como las limitaciones y trabajo futuro de esta investigación.

Capítulo 2 Marco Teórico

En este capítulo se presentan los conceptos relacionados con el sensado centrado en las personas, sus paradigmas y escalas y se muestran algunos ejemplos de estudios y sistemas orientados a estudiar problemas específicos de movilidad urbana e identificación de hábitos de manejo.

2.1. Sensado centrado en las personas

El sensado centrado en las personas (crowd-sourced sensing) tiene su origen en el dominio de las redes de sensores. La literatura muestra cómo esta área evolucionó a partir de redes de pequeña escala, aplicadas en contextos especializados (e.g., monitoreo ambiental, agricultura, monitoreo industrial) hacia un paradigma de sensado centrado en las personas, impulsado por la miniaturización e inclusión de sensores (e.g., acelerómetros, giroscopios, luz ambiental, proximidad, brújulas, GPS) en dispositivos electrónicos de consumo (e.g., teléfonos celulares, reproductores de música en formato MP3, tabletas, etc.) (Campbell, Eisenman, Lane, Miluzzo, and Peterson, 2006).

El uso de dispositivos móviles, al formar redes de sensores interactivas y participativas, permite coleccionar, analizar y compartir conocimiento, lo que habilita y motiva al individuo a revelar datos originalmente invisibles (Burke et al., 2006). Esta característica representa una diferencia sustancial respecto a la vigilancia⁶ o sensado coercitivo, ya que se enfatiza la participación voluntaria del individuo en el proceso (Katie Shilton, 2009).

⁶ Surveillance, en inglés, y se refiere al monitoreo y vigilancia de comportamientos con el fin de administrar, dirigir o proteger.

2.1.1. Paradigmas y escalas del sensado centrado en las personas

Según (Campbell et al., 2008), de acuerdo al enfoque de la aplicación propuesta, este tipo de sensado puede clasificarse en:

- Personal, cuando se concentra en el monitoreo individual de actividades y archivo.
- Social, cuando la información se comparte con un grupo de interés social específico.
- Público, cuando los datos se comparten abiertamente con el fin de un bien común.

2.1.1.1. Sensado Oportunista

El sensado oportunista es aquel que permite realizar las tareas de sensado, delegación y colección de datos de la mejor manera posible, en ambientes donde la interacción entre nodos se desarrolla en términos de movilidad no controlada. (Campbell et al., 2006).

El individuo puede ser visto meramente como un agente portador, pues asume el rol de custodia de un dispositivo de sensado sin exigirle mayor involucramiento en la recolección de los datos, ya que este proceso se realiza de manera automática.

2.1.1.2. Sensado Participativo

Para (Burke et al., 2006) la participación implica más que el simple acto de coleccionar información, pues las comunidades tienen conocimiento de primera mano de los fenómenos a estudiar, y son por tanto, capaces de especificar y ejecutar campañas de recolección de datos que pueden implementarse en un corto plazo sin depender de un proyecto formal.

Según (Goldman, Shilton, Burke, and Estrin, 2009), las maneras en las que un individuo puede participar en una campaña de sensado participativo⁷ son:

⁷ Entendido como un ensayo de recolección de datos con propósitos bien definidos.

- Diseño colectivo e investigación: el participante se involucra durante todo el ciclo de vida del proyecto, colaborando al definir los objetivos, la metodología de la investigación y participar durante la adquisición de datos.
- Contribución pública: el participante colabora activamente en la colección de datos pero no tiene influencia en la definición de los objetivos ni de la infraestructura necesaria para realizar la campaña.
- Uso personal y reflejo: el participante busca el autodescubrimiento y mejora personal, estudiando su propio comportamiento y compartiendo su información para aprender de otros.

En el sensado participativo, el individuo actúa conscientemente por una necesidad y se le permite decidir qué datos compartir y cómo extender los mecanismos que protegen su privacidad, lo que impacta en la fidelidad de los datos.

En (Burke et al., 2006) se plantean cuatro áreas relevantes como motivación de la investigación en el sensado participativo en las que se ha demostrado ya factibilidad técnica y su utilidad. Las áreas incluyen salud pública, planeación urbana, administración de los recursos naturales, e identidad cultural y expresión creativa.

2.1.2. Sensado Urbano

Según (Campbell et al., 2006), existen varios elementos que forman el paisaje urbano (e.g. edificios, gente, vehículos). Por ello, los atributos de las personas, su entorno, y la forma en que ellos interpretan e interactúan con su ambiente se vuelve importante. Las personas dejan de ser meros consumidores de datos, pues son a la vez sus productores en distintos fenómenos naturales o ambientales.

De acuerdo a (Cuff, Hansen, and Kang, 2008) el sensado urbano representa una manifestación tangible del cómputo penetrante⁸ en la ciudad, ya que permite el salto de los prototipos en laboratorio al ambiente natural, siguiendo el enfoque de cómputo ubicuo

⁸ Es la traducción literal del término pervasive computing. Es frecuente encontrar en español el término computo pervasivo.

propuesto por (Weiser, 1999), lo que hace posible crear plataformas de sensado situadas en manos de las masas (Campbell et al., 2008).

Dado que el sensado participativo promueve obtener datos de manera colectiva al proporcionar conciencia y fomentar la reflexión respecto a algún fenómeno a nivel urbano, puede apoyar también a la toma de decisiones a nivel individual.

2.2. Trabajo Relacionado

Tanto el sensado participativo como el oportunista se emplean en diversas aplicaciones asociadas al sensado urbano. La revisión de proyectos se clasifica de acuerdo a la taxonomía propuesta en la Tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía para proyectos de sensado centrado en las personas sobre movilidad urbana.

	Toma de decisiones	Definición de patrones	Vigilancia
Persuadir al individuo de modificar su comportamiento	Promover la elección de la mejor alternativa disponible.	Inducir la adopción de nuevos hábitos.	Motivar al individuo a asumir un rol activo en la vigilancia.
Reflexionar sobre el comportamiento	Comunicar al individuo cuál es el impacto de sus acciones.	Entender las consecuencias de sus hábitos.	Comprender el fin de la vigilancia.
Adquirir conciencia del entorno de movilidad	Mostrar las acciones que el individuo realiza.	Revelar al individuo su comportamiento recurrente.	Percibir el proceso de vigilancia.

2.2.1. Adquirir conciencia del entorno de movilidad

Un número importante de estudios buscan coleccionar conocimiento local (e.g., (Eriksson et al., 2008), (Mohan, Padmanabhan, and Ramjee, 2008), (Bhoraskar, Vankadhara, Raman, and Kulkarni, 2012), (Eisenman et al., 2009), (Calabrese, Colonna, Lovisolo, Parata, and Ratti, 2011)). En este escenario el individuo se limita a producir información de la cual se

beneficia cuando los datos que colecta son analizados e interpretados por el diseñador de la campaña de sensado. El paradigma de estos proyectos es predominantemente oportunista.

Algunos proyectos de esta naturaleza se enfocan en caracterizar las condiciones del camino, lo que ofrece conciencia a planeadores sobre el entorno de movilidad y que estos puedan tomar decisiones para resarcir problemas de infraestructura. Por ejemplo Pothole Patrol (Eriksson et al., 2008), es un sistema embebido en patrullas que utiliza el sensado oportunista para medir con el acelerómetro incorporado a teléfonos inteligentes, las vibraciones que sufren los vehículos en movimiento. Pothole Patrol evalúa las condiciones del pavimento y detecta baches con una eficacia del 90%, asociándolos con su ubicación por GPS.

Similarmente, para definir patrones de tráfico, en Nericell (Mohan et al., 2008) se utiliza el acelerómetro y el micrófono integrados en teléfonos inteligentes que de manera indistinta a la posición del dispositivo, y asociándolos con la localización del vehículo mediante GPS, permite a los conductores identificar baches, topes, frenados y uso del claxon. Similarmente, en Wolverine (Bhoraskar et al., 2012) se muestra el empleo de teléfonos inteligentes para describir el flujo de vehículos y condiciones del camino en Mumbai, dando énfasis a la detección de eventos de frenado, pues su frecuencia se asocia a las condiciones de congestión vial.

Otros proyectos se enfocan en detectar la condición del ambiente y capturar la experiencia de manejo del conductor. Por ejemplo, BikeNet (Eisenman et al., 2009) es un sistema de sensado para registrar la experiencia ciclista, a través de una red de sensores embebidos en la bicicleta, que permite operar a través de conexiones oportunistas a accesos WiFi y de conexión celular para comunicación en tiempo real, cuando es necesaria, para coleccionar información de sensores (i.e., GPS, magnetómetro, acelerómetro, micrófono, vídeo y CO₂), lo que permite caracterizar tanto la calidad del camino como del ambiente.

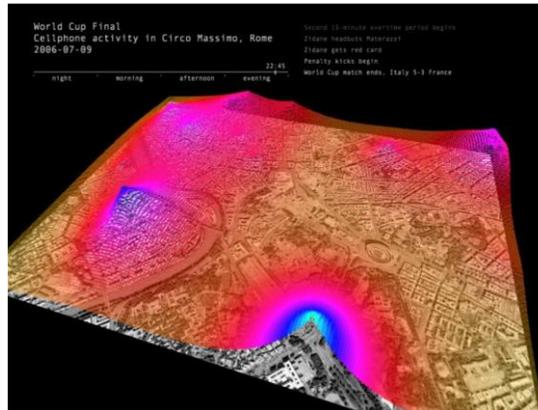


Figura 2. Roma en tiempo real. La imagen muestra la concentración de individuos durante eventos deportivos, en este caso la final de la Copa Mundial de Futbol del 2006. (Calabrese et al., 2011).

Además, existen proyectos que extienden el proceso a la vigilancia. En (Calabrese et al., 2011) se describe un sistema de sensado oportunista, que combina la información proveniente del monitoreo anónimo de redes celulares con datos de GPS provenientes de autobuses y taxis para representar en tiempo real información sobre movilidad urbana, incluyendo las condiciones del tráfico y el movimiento de peatones en la ciudad de Roma (Figura 2). El conocer esta información puede potencialmente permitir a las autoridades atender eventos especiales.

2.2.2. Propiciar la reflexión

Otros estudios buscan aprovechar los datos que pueden sensarse para propiciar un acto de auto-reflexión, en el que el participante pueda entender el impacto de sus acciones. A este nivel encontramos proyectos con los paradigmas oportunista y participativo.

PEIR (Mun et al., 2009) es un sistema cuyo objetivo es apoyar la toma de decisiones ambientales. PEIR, mediante una aplicación que se ejecuta en teléfonos inteligentes para realizar una estimación de la ubicación y el modo de transporte empleado por un individuo, evalúa el impacto ambiental (i.e. huella de CO₂), y lo relaciona con la exposición a la contaminación y a la comida rápida de un individuo.

Orientado a planeación urbana, estudiando patrones de movilidad, (Zheng, Liu, Yuan, and Xie, 2011) muestran el uso de datos de GPS generados por 30,000 taxis en Beijing entre 2009 y 2010 con el fin de evaluar las fallas en la planeación urbana y el

impacto causado por la construcción de nuevas líneas de tren subterráneo y otras obras públicas.

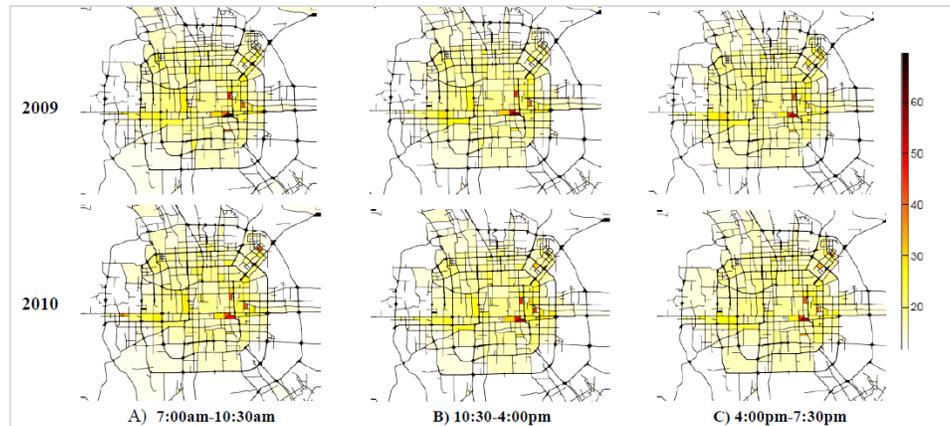


Figura 3. Mapa de calor de Beijing. Se muestra la diferencia entre dos días hábiles de años distintos. Las zonas resaltadas muestran el número de personas que llegan a alguna región en proporción al número de taxis empleados en una hora. (Zheng et al., 2011).

(Kate Shilton, 2010) relaciona el movimiento cuantificable a ti mismo con el sentido participativo. En el dominio de interés existen aplicaciones como My milemarker⁹, Fuely¹⁰, y MPGTune¹¹ que permiten asociar el consumo de combustible con la distancia recorrida por el conductor, y Drinking Diary¹² BoozeBrain¹³ que permiten registrar el consumo de alcohol.

2.2.3. Persuadir al individuo

Según (Fogg, 2007), los teléfonos móviles se convertirán pronto en la plataforma más importante para modificar el comportamiento humano a través de la persuasión. El sentido participativo puede utilizarse como un mecanismo para inducir cambios conscientes de comportamiento individual al tiempo que se promueve el desarrollo de la comunidad.

Por ejemplo, GreenGPS (R. K. Ganti, Pham, Ahmadi, Nangia, and Abdelzaher,

⁹ <http://mymilemarker.com/>

¹⁰ <https://www.fuely.com/>

¹¹ <http://mpgtune.com/>

¹² <http://www.drinkingdiary.com/index.html>

¹³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.theroyalquality.boozebraintfree>

2010), emplea un lector de datos ODB-II¹⁴ y un sensor de GPS a bordo de vehículos para construir mapas de consumo de combustible. Esta información apoya la auto-reflexión y toma de decisiones al permitir la elección de rutas más eficientes entre dos puntos arbitrarios, a través de un servicio web disponible al público (ver Figura 4).

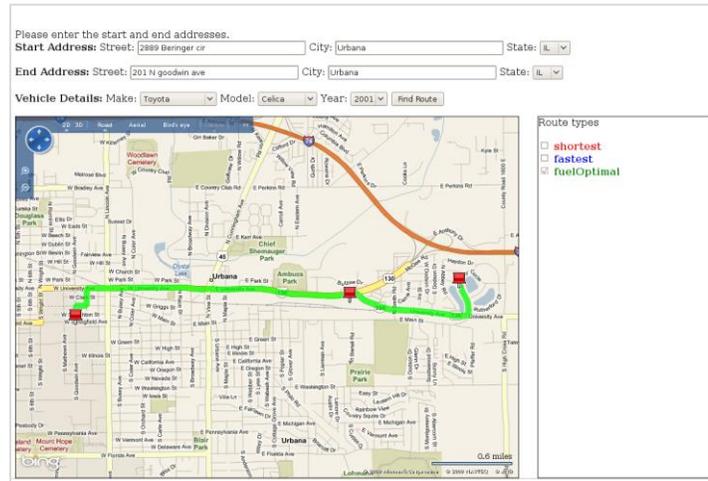


Figura 4. GreenGPS. A través de un mapa permite al conductor obtener la ruta más corta, la más rápida y la óptima según el consumo de combustible previsto. (R. K. Ganti et al., 2010).

En contraste a la toma de decisiones, otros trabajos se han enfocado en estudiar como el sensado participativo puede proporcionar la auto-reflexión mediante la identificación de patrones. Signal guru (Koukoumidis, Peh, and Martonosi, 2011) es una aplicación que, utilizando la cámara y el sensor de GPS de teléfonos inteligentes, predice el cambio de luces en el semáforo y propone la velocidad óptima de conducción, para evitar esperas y promover el ahorro de combustible y reducir la emisión de CO₂ a la atmósfera.

Otros al contrario buscan la vigilancia de diferentes patrones de movilidad urbanos. En (Dai, Teng, Bai, Shen, and Xuan, 2010) se utilizan teléfonos inteligentes para identificar las maniobras peligrosas que realiza el conductor (i.e. aceleración y enfrenado agresivo y control errático de la dirección) bajo la influencia de alcohol. El objetivo

¹⁴ On Board Diagnostics-II, es un sistema de diagnóstico a bordo en vehículos de serie en todos los automóviles fabricados a partir de 1996.

principal de esta aplicación es el notificar al conductor, o bien llamar a la policía de forma automática para pedir ayuda en una situación de riesgo.

2.2.4. Sistemas para detectar el manejo agresivo

Existen estudios que buscan identificar al conductor agresivo a partir de la detección de maniobras abruptas. MIROAD de (Johnson and Trivedi, 2011) busca reconocer el estilo de manejo e identificar cuando el conductor es agresivo al volante. MIROAD utiliza los datos provenientes del acelerómetro, giroscopio y magnetómetro de teléfonos inteligentes. Similarmente (Eren, Makinist, Akin, and Yilmaz, 2012) utiliza redes bayesianas para estimar si el manejo de un conductor puede considerarse seguro o no, a partir de la información que produce el mismo conjunto de sensores.

A nivel comercial, existen algunas aplicaciones que evalúan el manejo empleando teléfonos inteligentes. El objetivo principal de estas aplicaciones es propiciar la reflexión; aunque, no se consideran adecuadas para promover la creación de campañas de sensado urbano.

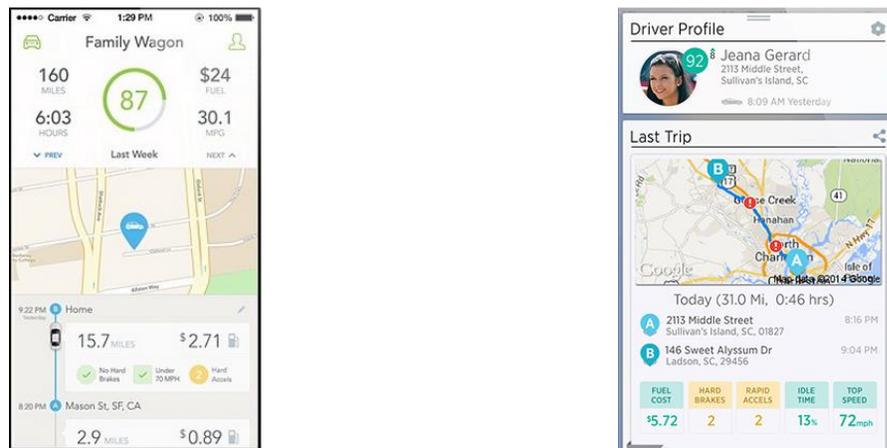


Figura 5. Sistemas que utilizan una un dispositivo adaptador OBD-II propietario. A la izquierda se presenta el de un viaje con la aplicación Automatic¹⁶ y a la derecha el reporte de manejo de Zubie¹⁷.

Automatic¹⁵ y Zubie¹⁶ (ver Figura 5) son dos sistemas compuestos por un

¹⁵ <https://www.automatic.com>

¹⁶ <http://www.zubie.co>

dispositivo interfaz OBD-II propietario y una aplicación para teléfonos inteligentes que brinda retroalimentación al conductor mediante el cálculo de un puntaje de manejo. Automatic indica el número de eventos de frenado y acelerado fuertes, si un conductor excedió en algún momento de su recorrido una velocidad de 70 millas por hora, el rendimiento de combustible estimado, y el costo de cada recorrido realizado. Zubie además, permite construir redes de vehículos para compartir la ubicación de los vehículos de familiares o amigos en tiempo real. Ambos sistemas solamente están disponibles en el mercado de los Estados Unidos.

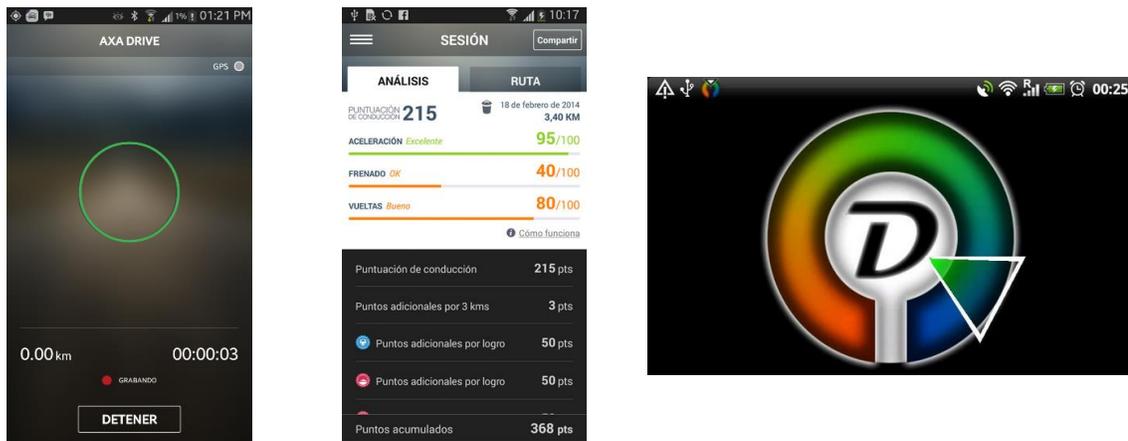


Figura 6. Sistemas que utilizan el acelerómetro. A la izquierda la visualización que se presenta en la aplicación Axa Drive¹⁹ al conductor mientras se maneja; una vez que se ha terminado un recorrido, se presenta al conductor un resumen sobre su desempeño respecto a aceleración, frenado y vueltas. A la derecha la visualización que ofrece DriSMo²⁰, compuesta por un indicador giratorio que muestra el desempeño general del conductor instantáneo, de rojo (peor desempeño) a azul (mejor desempeño).

Dash – Drive Smart¹⁷ y TalkyCar¹⁸ permiten explotar los datos del puerto OBD-II a partir de una interfaz Bluetooth ELM-327 comercial. Dash – Drive Smart brinda retroalimentación al conductor mediante un puntaje de manejo general del mismo modo que Automatic y Zubie, mientras que TalkyCar realiza únicamente indicaciones de voz cuando ocurre un evento de manejo interesante para el conductor.

DriSMo - Driving Skill Monitor¹⁹ y Axa Drive²⁰ (Figura 6) son dos aplicaciones que utilizan los datos del acelerómetro de teléfonos inteligentes para estimar las maniobras

¹⁷ <http://dash.by>

¹⁸ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.talkycar.obd.reader>

¹⁹ <https://github.com/jmyrland/DriSMo>

²⁰ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.axa.drivesmart.mx>

de manejo agresivo, detectando aceleración, enfrenado y volanteo abruptos. En el caso de DriSMo únicamente se ofrece al conductor un color que representa qué tan bien se está conduciendo y Axa Drive al igual que Automatic, Zubie y Dash ofrece una puntuación de manejo general. Un problema que manifiestan los usuarios de las aplicaciones que dependen únicamente del acelerómetro es que éstas confunden los problemas de las vialidades (e.g. topes y baches) con eventos de manejo, lo que redundaría en calificaciones negativas sobre su desempeño de manejo.

2.2.4.1. Comparación de sistemas para detectar el manejo agresivo

Varias de las características que presentan los sistemas para detectar el manejo agresivo son relevantes para nuestro proyecto. El sistema móvil que se propone en este trabajo de investigación, llamado Driving Habits, busca integrar el uso de las tecnologías para detectar el manejo agresivo a la vez que se facilita desplegar una campaña de sensado participativo que permita identificar elementos de movilidad urbana. La Tabla 2 muestra un resumen de las características incluidas en cada uno de los sistemas descritos.

Tabla 2. Comparación de sistemas para detectar el manejo agresivo

	Automatic	Zubie	Dash	Talky Car	Axa Drive	DriSMo	Driving Habits
Uso del puerto OBD-II del vehículo	X (Interfaz propietaria)	X (Interfaz propietaria)	X	X			X
Uso del acelerómetro del dispositivo móvil					X	X	X
Uso del sensor GPS del dispositivo móvil	X	X	X		X		X
Detección de aceleración agresiva	X	X	X	X	X	X	X
Detección de enfrenado agresivo	X	X	X	X	X	X	X
Detección de exceso de velocidad	X	X	X	X			X

	Automatic	Zubie	Dash	Talky Car	Axa Drive	DriSMo	Driving Habits
Detección de volanteo					X	X	X
Notificación de eventos en tiempo real			X	X	X	X	X
Notificación por voz				X			X
Despliegue en mapa del comportamiento del conductor	X (posterior al recorrido)	X (posterior al recorrido)	X (posterior al recorrido)		X (posterior al recorrido)	X (posterior al recorrido)	X
Diseño para emplearse en campañas de sensado urbano							X
Etiquetado de eventos de manejo agresivo	X	X	X		X	X	X
Posibilidad de explicación del conductor de los eventos de manejo agresivo							X

2.3. Resumen y conclusiones

El sensado centrado en las personas habilita a los ciudadanos a contribuir en la adquisición de datos con el fin de estudiar los fenómenos que les afectan. Dependiendo del grado de involucramiento del individuo, se puede hablar de un sensado oportunista, en el que se ve al individuo meramente como un portador de un dispositivo recolector de datos, o bien en donde el individuo participa de manera activa en la recolección de datos, contribuyendo en el proceso de sensado participativo.

El sensado centrado en las personas se puede emplear con fines de auto-reflexión, conciencia y persuasión de los individuos que participan en una campaña de

sensado. El trabajo previo puede organizarse de acuerdo a dos grupos en cuanto a la finalidad de la captura y visualización de los datos:

- Proyectos en los que se busca identificar elementos de movilidad urbana, donde se ha privilegiado la construcción de una representación del colectivo, sin asociarla al efecto que pudiera obtenerse en el individuo al conocer su representación personal.
- Desarrollos que permiten identificar el comportamiento individual (e.g. conocer los estilos de manejo), los cuales se concentran en informar al ciudadano sin trascender los datos individuales a la construcción de una imagen global que caracterice a la comunidad a la que pertenece.

Es por ello que la contribución al conocimiento de esta tesis se centra en el diseño e implementación de un sistema que permite conciliar estos dos fines, pues habilita al ciudadano a conocer los datos que él genera al identificar sus hábitos relacionados con el manejo agresivo, al tiempo que contribuye con la construcción de una descripción de los problemas que enfrenta en el dominio de la movilidad urbana.

Capítulo 3 Estudio contextual

En este capítulo se presenta la metodología y el desarrollo de un estudio contextual con el fin de identificar los problemas de movilidad urbana a los que se enfrentan los ciudadanos en las vías públicas (i.e. peatones y conductores), y las estrategias que utilizan para compartir información con familiares y amigos. El estudio contextual además ayudó a entender las prácticas de manejo de los conductores de la ciudad de Ensenada, B.C. Se muestran los resultados principales que posteriormente guiaron el diseño del Sistema Driving Habits, un sistema que permite monitorear los hábitos de manejo agresivo de los conductores (ver Capítulo 4). Se concluye con un resumen del estudio.

3.1. Metodología

El estudio contextual se realizó con la participación de conductores, peatones y oficiales de tránsito. El estudio se divide en tres etapas: reclutamiento, recolección de datos y análisis.

3.1.1. Reclutamiento

Se reclutó por medio de redes sociales a individuos (ver Tabla 3) que se desplazan en entornos urbanos, que poseen teléfono celular, y que estuviesen dispuestos a participar de manera voluntaria en este estudio. En el caso de los conductores además se solicitó que tuvieran más de un año de experiencia de manejo.

Tabla 3. Características de los informantes.

Etapa	Informante	Perfil	Sexo	Edad
1	P1	Peatón	Femenino	28
1	P2	Peatón	Femenino	23
1	P3	Peatón	Masculino	25
1	P4	Peatón	Masculino	23
1	C1	Conductor	Masculino	26
1	C2	Conductor	Femenino	28
1	C3	Conductor	Masculino	24
1	C4	Conductor	Masculino	41
2	C5	Conductor	Masculino	27
2	C6	Conductor	Masculino	23
1	O1	Oficial de tránsito	Masculino	31

3.1.2. Recolección de datos

En la primera etapa del estudio se realizaron 9 entrevistas semiestructuradas, con una duración promedio de 20 minutos sobre problemas de movilidad a conductores (n=4, ver Apéndice 1), peatones (n=4, ver Apéndice 1), y autoridades de tránsito (n=1, ver Apéndice 2). La finalidad de estas entrevistas era el identificar las problemáticas de movilidad urbana a las que se enfrenta el ciudadano común, la motivación que este tiene para reportar los problemas que afectan las vialidades y su relación con las tecnologías móviles.

En una segunda etapa, se realizaron 2 entrevistas semiestructuradas con una duración promedio de 80 minutos a conductores (n=2, ver Apéndice 3). Se les preguntó a los informantes acerca del uso de artefactos en el vehículo y sus prácticas de manejo. Las entrevistas se transcribieron para su posterior análisis.

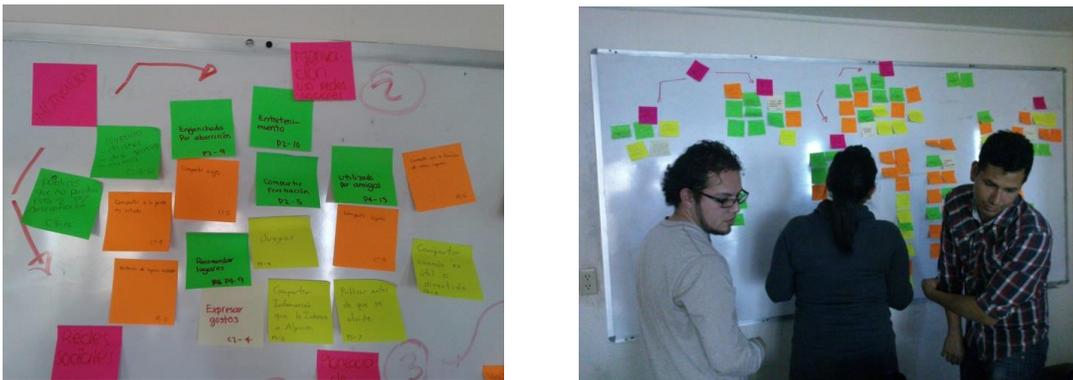


Figura 7. Sesión de interpretación de datos. Se muestran los datos codificados (izq) Proceso de agrupación de las categorías en el diagrama de afinidad (der)

3.1.3. Análisis de datos

Se analizaron los datos mediante técnicas de teoría fundamentada (Strauss, A., and Corbin, 1994) y diagramas de afinidad (Creswell, 2012). Se realizó un microanálisis línea por línea a las entrevistas (Glaser and Strauss, 2009) para extraer categorías preliminares. Finalmente se realizó codificación axial para encontrar propiedades y dimensiones para cada una de las categorías. La agrupación se realizó en una sesión, con un equipo de 3 personas (ver Figura 7).

3.2. Resultados

3.2.1. Identificación de las necesidades del ciudadano

Los informantes expresaron que en la ciudad de Ensenada los principales problemas de movilidad urbana están asociados con obras públicas, tráfico, seguridad, y deficiencias en la infraestructura y vialidad.

La mayoría de los informantes expresaron la necesidad de reparaciones en las vías públicas por la presencia de baches, la falta de vías rápidas, existencia de señales inadecuadas y semáforos mal sincronizados, la presencia de fugas de agua y estancamientos.

“A veces por ejemplo, que cayó una camioneta en un bachesote que casi se lo come el suelo, pues vi la foto, y después me fijé y sí estaba el hoyo” [C2]

“Estoy preocupada por el futuro de la vialidad en Ensenada porque yo creo que si crece un poquito más la ciudad, va a haber un caos porque no hay muchas calles” [C3]

“...a veces que están de sincronizados los semáforos o hay gente estorbando en la calle y pues ya no alcanzas [a pasar por] el semáforo.” [C2]

“Se estanca toda el agua en las calles, en tiempo de lluvia todos sabemos aquí en Ensenada, hay ciertas calles por las cuales no puedes pasar” [O1]

Aunado a esto, los informantes resienten la mala planeación urbana que genera innumerables problemas asociados al tráfico y el orden público (e.g., retenes, accidentes, asaltos), que pueden exacerbarse durante eventos específicos en el año.

“es mala [la movilidad] porque todo se congestiona en algunos puntos de la ciudad, por lo general en el centro, en la Reforma.” [P4]

“[hay lugares] donde está tapado [el paso...] donde hay retenes, o cosas por el estilo” [P2]

“Las zonas más problemáticas serían las Villas del Rey 7, la 6 y la 4, esas colonias son las más conflictivas.” [O1]

“con la Baja [la carrera Baja 1000] te cierran todo, te cierran desde la primera todo donde corre el canal hasta la [colonia] 89, te tienen una aglomeración de carros enorme, entonces yo creo que en ese evento y el carnaval, que dura una semana, yo creo que es donde más conflictos hay de tránsito.” [O1]

De ahí se puede concluir que el permitir al conductor compartir información sobre las deficiencias del entorno urbano propiciará su interés con el fin de adherirse a una campaña de sentido participativo, al encontrar un beneficio potencial a nivel individual y comunidad, al ser empoderado a denunciar los problemas que afectan a su ciudad.

3.2.2. Características deseables en un sistema móvil interactivo para compartir información sobre el entorno urbano

Se les preguntó a los entrevistados sobre las características que serían deseables en un sistema móvil que les permitiera reportar problemas asociados al entorno urbano, lo que permitió hallar ideas de diseño. Los entrevistados manifestaron la importancia de asociar el uso del sistema con su ubicación en forma automática, apoyándose en la presentación de la información con mapas. Una preocupación que expresan es la necesidad de utilizar interfaces que permitan su uso con baja carga cognitiva para evitar generar distracciones.

“Pues la manera más fácil [para visualizar la información] sería mi celular, conforme a mi ubicación” [C2]

“[me gustaría ver la información] de forma de texto y aparte el mapa de donde se encuentra ese problema.” [P4]

“[Se refirió al uso de un servicio de mapas en el celular] Lo que no me gusta es que te distrae por eso siempre lo consulto primero el camino y en dado caso si necesito me paro para consultarlo porque no tengo una [base o soporte]... algo en el carro para sostenerlo y verlo fácilmente. “ [C4]

Un factor que podría limitar el uso de un sistema de estas características es la disponibilidad de una conexión a Internet, especialmente si se desean reportar eventos mientras estos ocurren.

“¿algún inconveniente? No. Nada más... únicamente la red, ¿no?, si no es por medio de WiFi, porque no tengo plan de internet en mi teléfono, sería el único inconveniente. Pero por otra cosa pues no. Mientras esté dentro de la señal pues sí.” [P1]

Estas ideas nos llevan a considerar que ofrecer un sistema que permita adquirir información sin depender de una conexión permanente a Internet, empleando analogías e interfaces con las que ya están familiarizados los potenciales usuarios favorecerá el uso de la aplicación.

3.2.3. Compartir información

Nuestros resultados indican que los ciudadanos comparten información en el dominio de movilidad, usando redes sociales. Por ejemplo, algunos participantes comentaron que comparten información para comunicar emociones (e.g. felicidad, frustración) o cuando se encuentra valor en el evento, cuando se sabe que entre las personas beneficiadas se encontrarán familiares o amigos.

“[comparto un evento en mis redes sociales] cuando creo que es interesante o que creo que a alguien le interesaría esa información...” [P3]

“[comparto un evento en mis redes sociales por qué] Que mis amigos lo ven, en foursquare que puedo recomendar un lugar, y sé que también puedo ver otros que ya recomendaron, para eso lo utilizo...” [P4]

“Eh... por ejemplo, cuando me frustró con algo y no tengo a alguien a quien contarlo, a quien contarlo rápidamente, entro al twitter y me desquito” [P2]

Esto demuestra la importancia de incluir mecanismos que evidencien el potencial beneficio colectivo de compartir información en una campaña de sentido participativo. Sin embargo, el hecho de aportar información se restringe por la confianza que el individuo tiene hacia quienes tendrán acceso a sus datos.

“en sí no me gustaría que supieran a qué velocidad voy, porque así mucha gente a lo mejor va rápido y no quieren que detecten eso, de mira a ese hay que pararlo, sería malo que la policía lo supiera, si gente le tiene miedo a los policías pues así menos” [C5]

En consecuencia, es necesario incorporar mecanismos que ofrezcan un balance entre el potencial de beneficio colectivo al compartir información con el respeto al derecho a la privacidad, al permitir al usuario tener control sobre la información que comparte.

3.2.4. Entendimiento del comportamiento del conductor.

Los informantes expresaron que su forma de manejar es altamente contextual, y se encuentra influenciada por sus emociones, el tiempo que tienen para llegar a otro lugar, o por la velocidad a la que acostumbran a manejar.

“manejo muy tranquilo, manejo muy atento, volteo mucho a ver los espejos” [C5]

“sí manejo rápido cuando voy a la escuela y voy atrasado” [C5]

“creo que sí es muy importante ir muy alerta” [C6]

La mayoría de los conductores expresaron que es importante facilitar las condiciones cuando se maneja. Por ejemplo, portar objetos “especiales” les permite ayudarse en la tarea de manejo (i.e. lentes de sol); además de los artículos de uso personal que usualmente llevan (e.g., cartera, llaves, teléfono celular, etc.); y alimentos y bebidas, especialmente si se trata de recorridos largos. Es importante notar, que los objetos que se pueden operar con una sola mano, mejoran significativamente las condiciones de manejo.

“me ponía gafas [de sol] y nomas” [C5]

“Siempre llevo la cartera cuando salgo” [C5]

“[evito] pues cosas [en las] que ocupe dos manos, [por ejemplo] no puedo comer una torta” [C5]

Respecto al uso del teléfono móvil, los conductores manifestaron evitar aquellos usos que pueden causar mayor distracción, como enviar o leer mensajes de texto, y el uso asociado a llamadas se restringe de acuerdo a la persona con quien se trata de establecer la comunicación.

“Sí pero nunca los veo [los mensajes de texto], hasta que ya llego a algún lugar donde los puedo leer” [C6]

“Si es del teléfono de alguien más [que desconozca], pues no contesto. Como el teléfono es grande, usualmente las letras del contacto se ven muy bien entonces no tengo problema con eso. Primero les digo que voy manejando, y ya sí me dicen algo importante, ya contesto si no le cuelgo o me cuelgan.” [C6]

3.2.5. Contexto de los hábitos de manejo agresivos.

Los entrevistados manifestaron que, conducir propicia en su persona distintas emociones positivas y negativas, y que están relacionadas con su estado de ánimo y producto de su interacción con el entorno. Encuentran que el manejo puede ser una actividad placentera, sin embargo cuando las condiciones son desfavorables, son sometidos a frustración, estrés, enojo, ansiedad y desesperación, lo que desencadena en ellos la aparición de hábitos de manejo agresivo.

“Pues, depende de mi estado de ánimo también, por ejemplo, si voy a una fiesta, pues ya desde el carro estoy enfiestado, oyendo música y cantando, si voy a la escuela, pues, ah estoy así como, no quiero ir qué flojera, nomás manejo por manejar, estoy en estado

zombi, pero, es que depende pa donde voy más que nada no, pero por lo regular, sí me siento sin contar con lo de la escuela pues sí me emociona manejar” [C5]

“[manejar] Te entretiene, es como muy... es decir, pues de cierta manera es como que relajante, cuando no hay mucho tráfico [...], ir manejando y viendo así, vas atento a todo lo que va ocurriendo a tu alrededor...” [C6]

“Pues sí me ha tocado estresarme, sobre todo cuando voy apurado y que se alente el camino, ya sea que me toquen semáforos en rojo, que se me metan, que no alcance a dar vuelta en una calle porque se me metió un carro y me tenga que ir por otro camino, eso sí me estresa bastante.” [C5]

“el calor que, pues no, a veces, manejo carros que no tienen aire acondicionado o que no les sirve es una tortura manejar así, pero puede ser que esté mucho calor” [C5]

“cuando el tráfico es pesado se vuelve así como, medio frustrante tener que estar a vuelta de rueda, o estar viendo que movimiento va a hacer la otra para evitar algún accidente...” [C6]

Dado que el fin del sistema propuesto en este trabajo de tesis es promover la conciencia del conductor sobre sus hábitos de manejo, es necesario incorporar mecanismos que le ayuden a ser consciente de sus emociones, de manera que pueda identificar los factores que desencadenan el manejo agresivo para lograr un ejercicio de reflexión y un mejor entendimiento de su manejo.

3.3. Historia de usuario

Para ejemplificar la problemática que enfrentan los conductores respecto a sus hábitos de manejo, se presenta una historia de usuario hipotético.

Martha es una mujer de 45 años, empresaria, casada y con hijos. Maneja una camioneta utilitaria. Administra un café y realiza varias actividades a lo largo del día. Por

la mañana lleva a sus dos niños, de 7 y 9 años de edad a la escuela. Más tarde hace algunas compras de aquellos productos que requiere para su negocio, y aunque no a diario, va a los bancos, a la tintorería y otras diligencias.

A la 1 de la tarde regresa por sus niños a la escuela, y después come en familia. Regresa al café para ver que todo esté en orden, y más tarde va al club, dónde asiste a una clase de baile, y aprovecha para que sus hijos tomen al mismo tiempo una clase de karate. Después de su clase, vuelve a casa con los niños, que se quedan con su papá mientras ella va a hacer el corte diario al negocio. Ella regresa por la noche ya cansada pero feliz de que su vida sea tan ordenada.

Martha se ha dado cuenta que cuando lleva los niños al colegio, no todos los padres de familia son corteses al manejar, sin embargo ella está segura de ser buena conductora, pues maneja tranquilamente, y siempre verifica que sus hijos usen el cinturón de seguridad. Sin embargo, cuando hay tráfico y se desespera, acostumbra acercarse de más a los otros vehículos e intentar zigzaguear para esquivar el tráfico.

Un buen día, manejando de vuelta de su club, por ir esquivando autos, golpeó un auto al que se cerró, pues no calculó apropiadamente la maniobra. Afortunadamente no hubo lastimados y sus hijos están bien, pero ha dedicado el resto de la tarde a resolver sus problemas con el otro conductor afectado, lo que la obligó a esperar por el seguro y el perito de tránsito, y más tarde a llevar a sus hijos al médico para una valoración, donde les prescriben el uso de un collarín ortopédico y unas radiografías. Está consciente de que el incidente pudo ser peor, y se pregunta cómo pudo ocurrirle pues ella misma se considera una buena conductora.

3.4. Conclusiones y resumen

Este estudio contextual sirvió para identificar las distintas problemáticas que resultan relevantes para los ciudadanos en el contexto de movilidad.

Se identificaron problemas que resultan relevantes para los ciudadanos en el contexto de movilidad urbana (e.g. baches, vías con tráfico, zonas conflictivas, cortes en la vialidad), y la oportunidad de informar a otros de su existencia puede propiciar su adhesión voluntaria a una campaña de sensado urbano participativo.

Se pudieron identificar también características importantes para el diseño de un sistema que permita evaluar hábitos de manejo, que pueden emplearse como ideas de diseño, como el uso de mapas y navegación asistida por GPS y restricciones, como la falta de un plan de datos de Internet.

Finalmente se ahondó en el comportamiento del conductor, buscando identificar qué hábitos tiene, la forma que interactúa con los objetos que utiliza en el vehículo, el uso que hace del teléfono celular y las emociones que enfrenta al conducir.

Capítulo 4 Diseño e Implementación del Sistema Driving Habits

En este capítulo se presenta el proceso de diseño del Sistema Driving Habits, cuya finalidad es la de apoyar a conductores de vehículos automotores a adquirir conciencia sobre sus hábitos de manejo y permitir implementar campañas de sentido participativo en entornos urbanos.

Se describen los requerimientos y principios de diseño que el Sistema Driving Habits incorpora, y se muestra un escenario de uso para ilustrar cómo funciona el sistema apoyando al conductor a adquirir conciencia sobre sus hábitos de manejo. Se describe la arquitectura del sistema y se presentan los componentes utilizados para la detección del contexto de manejo.

4.1. Métodos de diseño

Se utilizó una metodología de diseño centrado en el usuario para generar prototipos de baja fidelidad. Se realizaron tres sesiones de diseño participativo multidisciplinarias, de una hora de duración en promedio, con especialistas en interacción humano-computadora ($n=3$) y diseñadores integrales ($n=1$). Durante estas sesiones y de manera iterativa se diseñaron varios prototipos de baja fidelidad. De los prototipos resultantes el equipo de diseño seleccionó un solo prototipo que representaba de mejor manera las necesidades de la población que se estudió.

El prototipo resultante fue evaluado en un grupo focal en el que participaron conductores con al menos un año de experiencia ($n=5$), a partir del cual se incorporaron nuevos elementos de diseño.

4.2. Principios de diseño

En las sesiones de diseño se discutieron los resultados del estudio contextual. Se eligieron cuatro maniobras representativas del manejo agresivo: exceso de velocidad, enfrenado, acelerado y volanteo abruptos. Estas variables se pueden inferir a partir de los sensores con que cuentan los dispositivos móviles (Johnson and Trivedi, 2011).

Como resultado de las sesiones de diseño participativo, se establecieron un conjunto de principios que guiaron el desarrollo de los prototipos de baja y media fidelidad que se exponen a continuación.

4.2.1. Motivar la participación de los usuarios durante una campaña de sensado participativo

Dado que el sensado participativo demanda un involucramiento activo a los participantes, es importante considerar estrategias para mantener a los mismos incentivados para crear y participar en múltiples campañas de sensado. El tema de incentivos no es trivial, ya que el participar en una campaña de sensado, involucra que el usuario incurra en gastos de energía y monetarios, además del esfuerzo requerido para sensar, procesar y comunicar datos (R. Ganti, Ye, and Lei, 2011). Estos problemas económicos asociados al tiempo y esfuerzo que los participantes invierten, puede restringir el número de participantes activos en una campaña de sensado, y poner en riesgo el alcanzar una masa crítica de adhesión comunitaria (Campbell et al., 2008).

Nuestro modelo de incentivos para el sistema se basa en la utilidad (Riahi, Papaioannou, Trummer, and Aberer, 2013) del conocimiento que los conductores adquieren al recibir retroalimentación continua sobre aquellos eventos potencialmente agresivos, que realizan mientras conducen. Esta información además, se puede utilizar para promover conciencia y autorreflexión sobre los hábitos de manejo.

4.2.2. Extender una interfaz conocida por los conductores.

Se buscó ofrecer una visualización que pudiera favorecer su uso dentro del automóvil mientras se conduce. Para ello, se utilizaron tecnologías con las que los conductores

podieran estar ya familiarizados. Esto permitió reducir la carga cognitiva asociada a aprender a utilizar el sistema Driving Habits, interpretar su información, y potencialmente disminuir las distracciones en el manejo.

Se consideró extender los indicadores con que ya cuenta el tablero de los automóviles, utilizando íconos sencillos que se pudieran asociar de forma clara a las cuatro variables que se eligieron (i.e. exceso de velocidad, aceleración, enfrenadas y volanteo abruptos). Para mostrar dinamismo, la forma de cada ícono debía evocar un círculo, y ser lo suficientemente descriptiva de la variable que representa.

Para que estos íconos pudieran mostrar el nivel de desempeño de conducción respecto a cada variable, se utilizó una escala Likert de 10 niveles, que se representó mediante cambios graduales de color, partiendo de tonalidades verdes para representar la ausencia de comportamientos agresivos, pasando por amarillos para indicar eventos de manejo agresivos esporádicos y finalizando en rojos para señalar la abundancia de eventos de manejo agresivos, en analogía con los colores de un semáforo.

Para promover conciencia sobre los eventos de manejo agresivo y relacionarlos con la ubicación donde estos ocurren, se propuso emplear una visualización que tuviera un mapa como elemento principal. Este principio se implementa con una interfaz semejante a la que disponen los sistemas de navegación GPS, en la que se muestra la ubicación del vehículo al desplazarse sobre un mapa con calles.

Para enriquecer la representación, en el mapa se muestra un rastro con la trayectoria recorrida por el conductor, usando de igual manera la secuencia de colores verde, amarillo y rojo, con cambios de intensidad gradual para representar la velocidad a la que el conductor se desplaza.

4.2.3. Capturar el contexto relacionado con los hábitos de manejo agresivos.

Los sistemas que buscan ofrecer conciencia sobre hábitos de manejo reportados en la literatura (ver Sección 2.2.4) pueden producir frustración en el conductor, pues no toman en cuenta que los hábitos de manejo agresivos pueden ser el resultado de interactuar

con los elementos del ambiente en el que se desarrollan, como problemas del entorno urbano (e.g. frenar bruscamente por encontrar un bache, frenar frecuentemente por el tráfico que hay en una vialidad) o el estado de ánimo que atraviesa, por lo que se incluyó la posibilidad de realizar un auto-reporte sobre el perfil emocional del conductor al iniciar un trayecto.

4.2.4. Ergonomía

Se consideró incorporar una visualización en un dispositivo móvil (e.g. tableta o Smartphone) con sistema operativo Android, que pudiera ofrecer un despliegue cómodo de información. Se consideró un dispositivo con pantalla de 7 pulgadas (i.e. tableta), con una resolución de 1,280 x 800 píxeles, aun cuando la aplicación debería poder utilizarse en dispositivos más pequeños (i.e. teléfonos) con pantallas de aproximadamente 3.5 pulgadas.

De acuerdo con (Gugg et al., 2006) existen 7 zonas dónde se podría colocar un despliegue aumentado con información para el manejo, señalando como ubicaciones óptimas por estar al alcance de la visualización periférica, la zonas sobre el tablero del conductor, en medio del parabrisas o bien a la altura del volante (ver Figura 8).

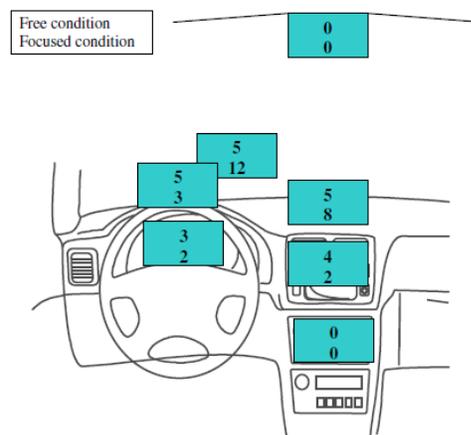


Figura 8. Ubicación de despliegues de información y su influencia en el comportamiento del conductor (Gugg et al., 2006)

4.3. *Diseño del Sistema Driving Habits*



Figura 9. Boceto inicial del Sistema Driving Habits.

Durante las sesiones de diseño participativo multidisciplinario se realizaron bocetos, y prototipos de baja fidelidad (ver Figura 9); que de manera iterativa se fueron refinando hasta obtener el prototipo final y de alta fidelidad (ver Figura 10) –que llamamos sistema Driving Habits. El sistema Driving Habits presenta una pantalla dividida en dos secciones:

- Mapa, esta sección actúa como un navegador GPS aumentado con información contextual. En el mapa se muestra la ubicación del vehículo mientras se desplaza y se colocan en él marcadores que representan los eventos de manejo registrados.
- Variables de manejo, representadas por medio de cuatro íconos que simbolizan los hábitos de manejo sentidos y que brindan información al conductor sobre su desempeño en relación a sus hábitos para controlar la velocidad, enfrenar, dar volantazos y aceleraciones abruptas. (ver Tabla 4).

Cuando se detecta un evento de manejo agresivo, el sistema emite una alerta audible y un mensaje de voz indicando el tipo de maniobra que el usuario realizó: “Miguel, acabas de dar un volantazo fuerte, ¿cuál es la causa?”. Estas notificaciones por voz le indican al conductor el tipo de evento que se detectó. Una vez que se detecta el evento, el sistema muestra una pantalla de captura para que el usuario pueda especificar la razón por la que realizó ese evento detectado, y asociar el contexto en el que ocurrió. Esta pantalla de captura compuesta por íconos que representan posibles causas del evento (e.g. “Yo moví el volante para evitar un tope”, ver Figura 12).

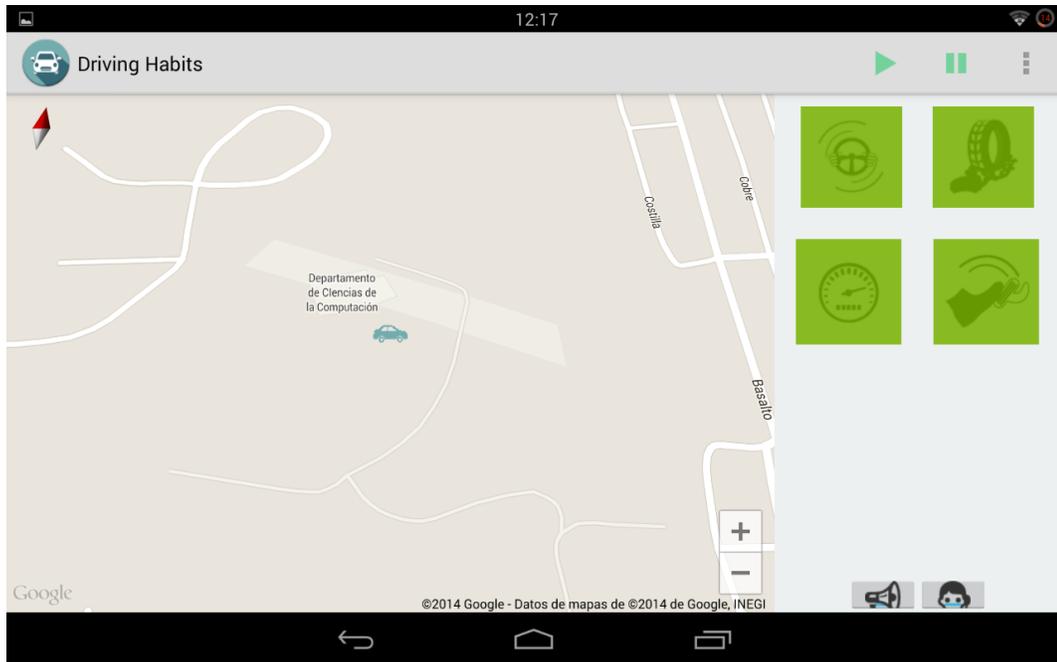


Figura 10. Pantalla principal del prototipo de alta fidelidad.

Tabla 4. Representación de los hábitos de manejo en el prototipo de alta fidelidad.

Icono	Analogía
	<p>Representa las maniobras bruscas con el volante (volanteo), (e.g. cambios de carril imprevistos o comportamiento errático en la dirección del vehículo).</p>
	<p>Representa la aceleración brusca, al presionar fuertemente el pedal del acelerador.</p>
	<p>Representa exceso de velocidad, cuando los conductores manejan de manera sostenida por arriba de los límites de velocidad permitidos.</p>
	<p>Representa frenado brusco, cuando los conductores presionan fuertemente el pedal de freno.</p>

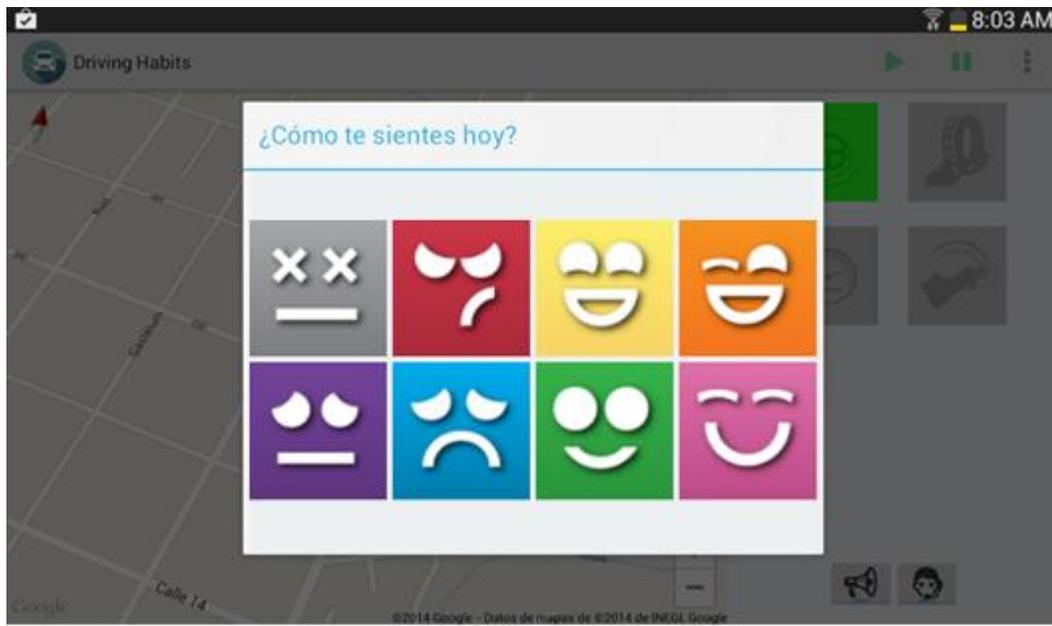


Figura 11. Pantalla de captura de información relacionada con las emociones del conductor.



Figura 12. Pantalla de captura de información relacionada con los eventos de manejo.

4.3.1. Escenario de uso

Para ejemplificar como se utiliza el sistema Driving Habits, revisamos la historia de Martha (sección 3.3)

Martha decidió evaluar sus hábitos de manejo, por lo que colocó en el puerto OBD-II de su vehículo un dispositivo pequeño que se conecta vía Bluetooth con su tableta, en la que instaló la aplicación del Sistema Driving Habits.

Es mediodía, hora de que Martha vaya por sus niños a la escuela. Al momento de subir a su vehículo, coloca su tableta en un soporte que le permite tenerla al alcance de su vista, sobre el tablero. Justo cuando Martha enciende la tableta, la aplicación del Sistema Driving Habits se lanza de manera automática, mostrando la pantalla principal.

Una vez que se pone el cinturón de seguridad y enciende el vehículo, Martha presiona el botón para registrar su actividad en la aplicación, y escucha entonces un mensaje de voz que le dice “Hola Martha, ¿cómo te sientes hoy?” y ve que en la pantalla se presentan 8 íconos que representan emociones (Figura 11). Como ella se siente contenta, selecciona el ícono amarillo que representa un rostro feliz.

Al iniciar un trayecto, los cuatro indicadores tienen un color verde que le muestran que está manejando de una manera apropiada. Martha en un momento de distracción, no se percató que el semáforo al que se acerca está próximo a cambiar a rojo, por lo que frena abruptamente. El sistema Driving Habits le indica por voz, “Martha, acabas de dar un enfrenón, ¿cuál es la causa?”, y al ver la pantalla se da cuenta que hay una serie de íconos (Figura 12), en los que se incluye el pictograma de un alto, y lo selecciona, para indicar al Sistema Driving Habits la causa de esa maniobra.

Conforme avanza, llega a una calle con baches. Para no caer en ellos, empieza a esquivarlos, cambiando la dirección del vehículo. En un momento ella da un volantazo algo fuerte y el Sistema Driving Habits le indica por voz, “Martha, acabas de dar un volantazo, ¿cuál es la causa?” Cuando revisa la pantalla, ella ve que está disponible el ícono de un bache, el cual presiona.

Al finalizar el recorrido, Martha presiona el botón para detener el registro de información. Ella nota que de sus cuatro íconos de manejo, el freno está en amarillo, y el que representa el volante está casi en rojo. Después de reflexionar un rato se da cuenta

que, desde que empezó a salir más tarde de su casa para ir por los niños, ella está siendo más agresiva al volante.

4.4. Implementación del Sistema Driving Habits

4.4.1. Primeras versiones del Sistema Driving Habits

Se desarrolló una primera versión del prototipo que permite coleccionar datos sin requerir interacción alguna por parte del usuario (ver Figura 13 a), lo que puede ser particularmente útil en caso de querer desarrollar una campaña de sensado de perfil oportunista. Una segunda iteración se empleó para etiquetar eventos de manejo, lo que nos permitió probar los algoritmos de detección del contexto de manejo que se describen en la sección 4.4.4.4.



Figura 13. a) Primera versión del Sistema Driving Habits. La aplicación puede ejecutarse en segundo plano, indicado por el ícono de la aplicación en la barra de notificaciones registrando el contexto de manejo sin interacción del usuario. b) Segunda versión del Sistema Driving Habits. La aplicación cuenta con botones para iniciar y detener los servicios de detección de contexto y etiquetar manualmente los eventos de manejo.

Posteriormente, se desarrolló una segunda versión (ver Figura 13 b), que permitía etiquetar manualmente los eventos de manejo con el objeto de poder comparar dichos eventos con los que detecta el sistema. Con esta segunda versión se generaron dos conjuntos de datos realizando dos circuitos en condiciones controladas para etiquetar

eventos. En total se recabaron 20 minutos de recorrido empleando un vehículo Ford Mustang 1999 (ver Figura 14), en los que se etiquetaron 150 eventos de interés, que sirvieron para probar los algoritmos de detección del contexto de manejo.



Figura 14. Trayectoria de los recorridos para generar los eventos de prueba.

4.4.2. Arquitectura del Sistema Driving Habits

El Sistema Driving Habits se compone de cuatro elementos (ver Figura 15, i.e. aplicación ejecutándose en el dispositivo móvil, dispositivo Bluetooth ELM327 conectado al Puerto OBD-II del vehículo, servidor de aplicación y consola del administrador de la campaña), similar al enfoque propuesto para sensado participativo móvil en (Johnson and Trivedi, 2011). Una de las ventajas de este enfoque es la simplicidad en la implementación, al permitir instrumentar vehículos a bajo costo –dado que el dispositivo ELM327 cuesta a lo más 30 dólares y la aplicación puede ejecutarse en los dispositivos móviles Android²¹ con que cuente el conductor.

²¹ Según <http://www.businessinsider.com/iphone-v-android-market-share-2014-5>, la cuota de mercado al cuarto trimestre de 2013 de teléfonos inteligentes se distribuye de esta forma: 78% dispositivos Android, iOS de Apple representa el 14.8%, y el resto se distribuye en las plataformas restantes (Windows Phone, Blackberry y otros).

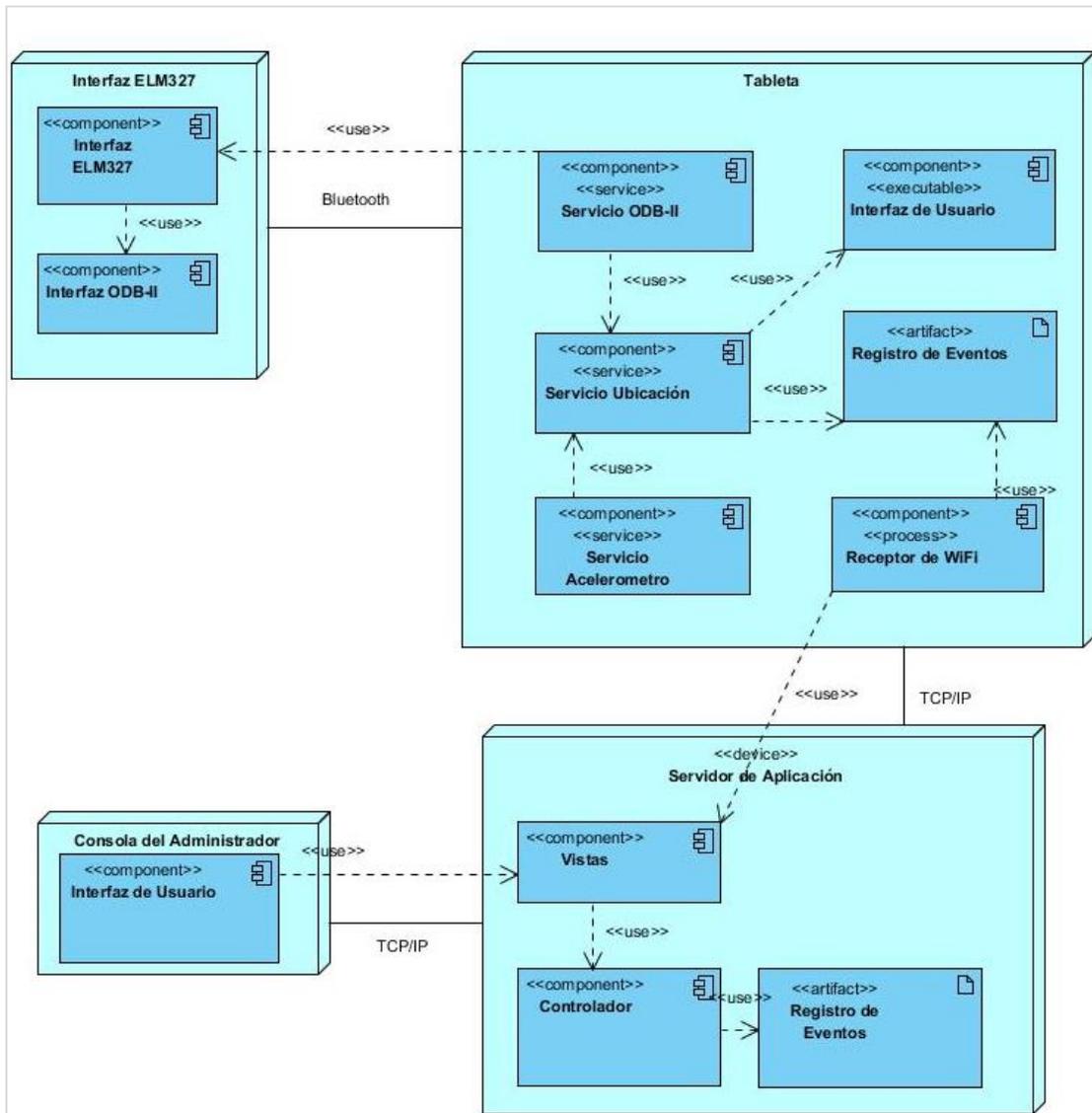


Figura 15. Arquitectura del Sistema Driving Habits.

4.4.3. Nodo Dispositivo ELM327

Este dispositivo se conecta al puerto OBD-II del vehículo, y permite obtener información acerca del funcionamiento del motor. Su finalidad es consultar información a la unidad de control del motor²², incluyendo las revoluciones por minuto del motor y velocidad reportada por el odómetro. Este dispositivo se comunica vía Bluetooth con el dispositivo móvil.

²²ECU, Engine Control Unit.

4.4.4. Nodo Dispositivo móvil

El dispositivo móvil ejecuta la aplicación principal del Sistema Driving Habits, que se integra de cinco componentes principales:

4.4.4.1. Interfaz de Usuario

Este componente se encarga de mostrar al usuario la representación gráfica de la aplicación que se presentó en la sección 4.3. Cuando el servicio de ubicación recibe un evento de manejo agresivo, notifica a la interfaz de usuario para que esta se encargue de mostrar un mensaje al conductor, notificando por voz y solicitando información contextual relacionada con el evento.

Cuando se solicita información contextual, la interfaz presenta un cuadro de diálogo por medio del cual el conductor registra más detalle acerca del evento que se detectó –por ejemplo, que frenó bruscamente porque había un bache. Estos cuadros de diálogo se mantienen sobre la interfaz y desaparecen automáticamente tras recibir la respuesta del conductor o después de transcurrir 15 segundos, asumiendo que el conductor no emitió respuesta sobre el contexto del evento. En caso de que el conductor haya emitido respuesta, se envía un mensaje al servicio de ubicación para que modifique la etiqueta del evento de “no respondido” a la información que el conductor alimenta.

4.4.4.2. Servicio Ubicación

Este servicio utiliza los datos provenientes del sensor GPS disponible en el dispositivo móvil al realizar una lectura por segundo mientras el registro de información esté activo. Esto permite obtener la ubicación del vehículo, representada mediante la siguiente tupla:

$$U = \{longitud, latitud, velocidad, marca\ de\ tiempo\} \quad (1)$$

Este servicio se encarga de mantener un descriptor del viaje, compuesto por el conjunto de tuplas U que describe la trayectoria recorrida y los eventos que los servicios Acelerómetro y OBD reportan durante el trayecto, descritos mediante la tupla E :

$$E = \{ \textit{longitud}, \textit{latitud}, \textit{marca de tiempo}, \textit{tipo de evento}, \textit{respuesta del conductor}, \textit{magnitud} \} \quad (2)$$

4.4.4.3. Servicio OBD-II

Aunque el servicio de ubicación obtiene información sobre la velocidad a la que se desplaza el vehículo, al depender del sensor GPS este dato tiene un margen de error. Para obtener información más precisa sobre la operación del vehículo (i.e. cuando el motor está encendido, revoluciones por minuto, velocidad reportada), se recurre a consultar la computadora de control del motor a través de un dispositivo ELM327 conectado al puerto estándar OBD-II del vehículo (Johnson and Trivedi, 2011, ver Figura 16).



Figura 16. Dispositivo Bluetooth ELM327 que se conecta al vehículo en su puerto OBD-II.

Este servicio es el encargado de comunicarse a través de un enlace Bluetooth con el dispositivo ELM327 para coleccionar esta información. El servicio solicita la velocidad instantánea (misma que se reporta al conductor en el odómetro del vehículo) y las revoluciones por minuto del motor (que se reportan al conductor en los vehículos que cuentan con tacómetro) a una razón de una muestra por segundo, representada por la siguiente tupla:

$$V = \{velocidad, revoluciones \text{ por minuto}, marca \text{ de tiempo}\} \quad (3)$$

Dichas tuplas se almacenan en un arreglo de ventanas deslizantes superpuestas de 3 segundos cada una para su procesamiento. Este servicio se encarga de verificar tres posibles eventos:

- En caso de detectarse un incremento de velocidad de 9 km/h entre dos lecturas consecutivas, el servicio OBD-II envía un evento de acelerado abrupto al servicio de ubicación.
- Del mismo modo, si se detecta un decremento de -8 km/h entre dos lecturas consecutivas se envía un evento de frenado abrupto.
- De acuerdo a la velocidad registrada, se notifica a la interfaz de usuario para dibujar la trayectoria del vehículo mediante una escala de cinco colores (ver Figura 17).

El servicio de ubicación espera recibir un evento proveniente del acelerómetro que reporte la detección de un evento de acelerado o frenado abrupto en la misma ventana de tiempo para registrarlo.

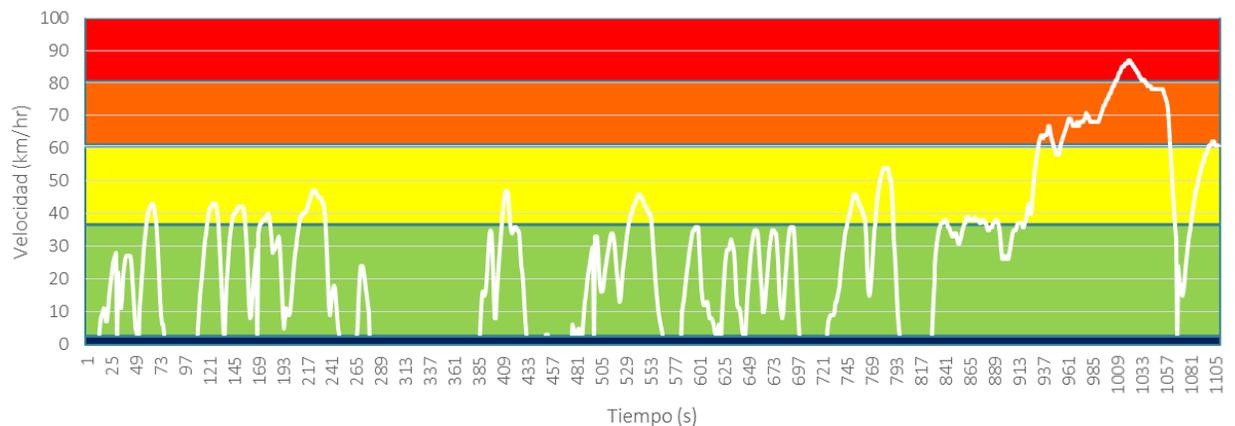


Figura 17. Ejemplo de velocidad registrada en un recorrido. Puede notarse la relación de color con las distintas zonas de acuerdo a los límites de velocidad indicados por el Reglamento de Tránsito de la ciudad de Ensenada, B. C: azul para velocidades cercanas a 0, verde para velocidades menores a 35 km/h, que corresponde a la velocidad apropiada para zonas residenciales, amarillo para velocidades menores a 60 km/h, límite para avenidas y calzadas, naranja para velocidades menores a 80 km/h, límite para vías rápidas y rojo para velocidades superiores a 80 km/h

4.4.4.4. Servicio Acelerómetro

Un tercer servicio explota los datos provenientes del acelerómetro del dispositivo móvil. Siguiendo el esquema propuesto en (Dai et al., 2010) se obtienen dos componentes de aceleración: longitudinal y lateral que permiten detectar maniobras abruptas, cuyo cálculo se describe a continuación:

1. Se obtiene el vector de aceleración del dispositivo móvil, denotado por los desplazamientos en la dirección de los ejes x, y y z, representados por A_x , A_y y A_z .
2. Debido a que el vector de aceleración es afectado por el movimiento del dispositivo y por la gravedad que la Tierra ejerce sobre él, se aplica un paso bajo para aislar la fuerza de la gravedad y poder extraer del vector de aceleración su efecto, empleando el método siguiente²³ (ver Figura 18):

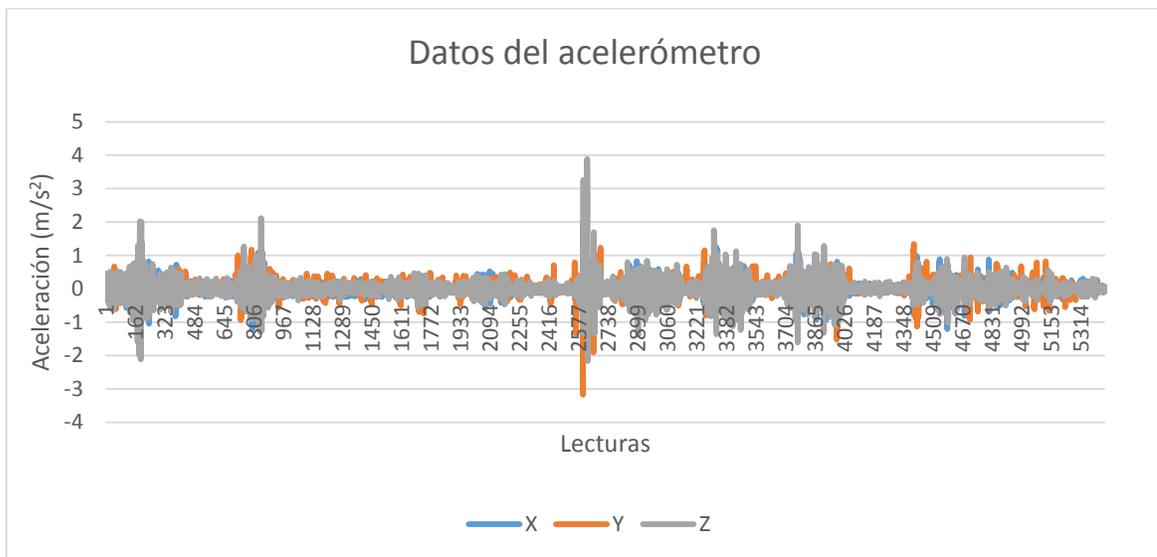


Figura 18. Ejemplo de lectura proveniente del acelerómetro una vez que se ha retirado el vector de gravedad.

²³<http://developer.android.com/reference/android/hardware/SensorEvent.html>

$$\begin{aligned}
G_x &= \gamma G_{xant} + (1 - \gamma)A_x \\
G_y &= \gamma G_{yant} + (1 - \gamma)A_y \\
G_z &= \gamma G_{zant} + (1 - \gamma)A_z \\
A_x &= A_x - G_x \\
A_y &= A_y - G_y \\
A_z &= A_z - G_z
\end{aligned} \tag{4}$$

Donde:

$\gamma = 0.8$, está dada por la expresión $t/(t+dT)$, con t como filtro pasa bajo en tiempo constante respecto a dT , la frecuencia de actualización del sensor.

G_x, G_y, G_z , corresponden al vector que representa el efecto de la gravedad $G_{xant}, G_{yant}, G_{zant}$, corresponden al vector que representa el efecto de la gravedad de la lectura inmediatamente anterior.

3. Dado que la orientación del dispositivo móvil puede variar, se obtienen los valores de rotación del dispositivo (guiñada, cabeceo y alabeo)²⁴, para compensar su posición, denotados por θ_x , θ_y y θ_z (ver Figura 19). Con ellos se calculan los componentes horizontales del movimiento, es decir aquellos que resultan del movimiento normal del vehículo sobre dos dimensiones, denotados por A_{xh} y A_{yh} , según la expresión:

$$A_{xh} = A_x \cos \theta_z \tag{5}$$

$$A_{yh} = A_y \cos \theta_y$$

4. Del movimiento horizontal, se estima la magnitud del vector de movimiento resultante, empleando la expresión siguiente:

$$|A_I| = \sqrt{|A_{xh}|^2 + |A_{yh}|^2} \tag{6}$$

²⁴Del inglés yaw, pitch y roll.

5. Posteriormente, se obtiene el ángulo resultante α entre el vector A_{xh} y A_I y el ángulo β entre el vector A_{yh} y A_I según la expresión:

$$\alpha = \arccos(A_{xh}/|A_I|)$$

$$\beta = \arccos(A_{yh}/|A_I|)$$
(7)

6. Finalmente, el vector de aceleración lateral y el vector de aceleración longitudinal se pueden inferir a partir de:

$$A_{lat} = A_{xh} \operatorname{sen} \alpha + A_{yh} \operatorname{sen} \beta$$

$$A_{lon} = A_{xh} \operatorname{cos} \alpha + A_{yh} \operatorname{cos} \beta$$
(8)

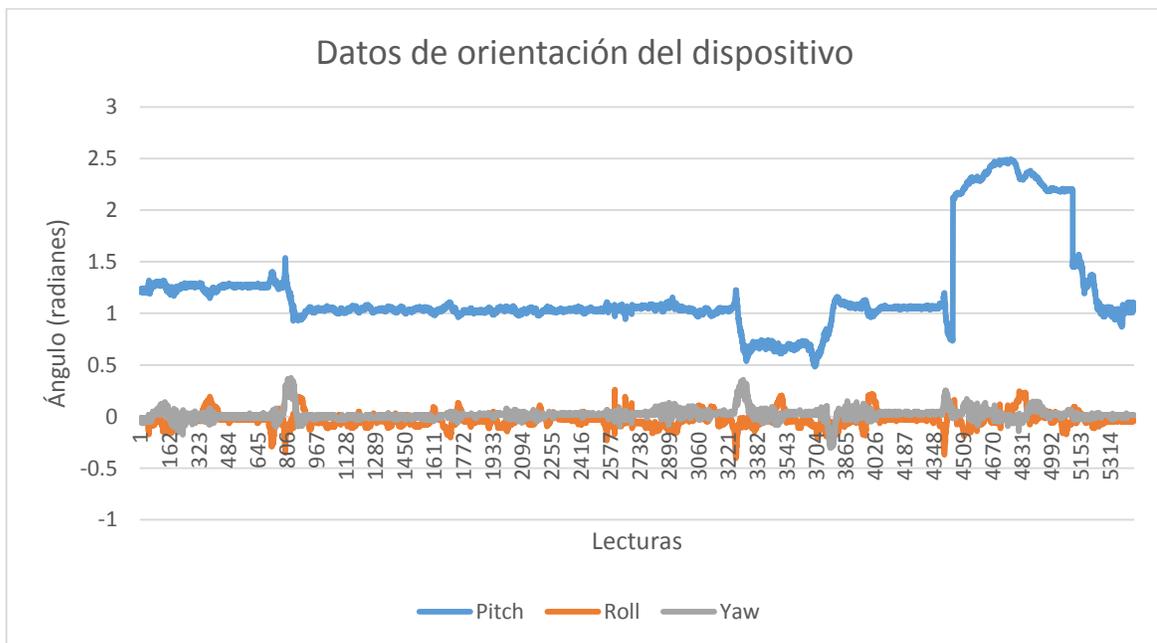


Figura 19. Ejemplo de datos sobre orientación del dispositivo.

Estos vectores se analizaron usando ventanas deslizantes superpuestas de 3 segundos, de acuerdo a los valores descritos en la Tabla 5. En caso de que dentro de

una ventana de tiempo se detecte un cambio de magnitud mayor al que indica el umbral, se envía un evento al servicio de ubicación para su etiquetado (ver Figura 20).

Tabla 5. Valores de referencia para la detección de maniobras agresivas según (Dai et al., 2010).

Evento	Componente	Valor de referencia
Acelerado abrupto	Aceleración longitudinal	2.8 m/s ²
Enfrenado abrupto	Aceleración longitudinal	-2.4 m/s ²
Volanteo abrupto	Aceleración lateral	4 m/s ²

4.4.4.5. Escucha de WiFi

Este proceso se ejecuta automáticamente cuando se recibe la notificación de que ocurrió un cambio en la conexión a Internet y un enlace WiFi está disponible. Cuando este evento ocurre, el proceso se conecta al nodo servidor de aplicación para depositar tanto los descriptores de viaje, como los registros de los servicios de ubicación, OBD-II, y acelerómetro en el servidor sin intervención del conductor.

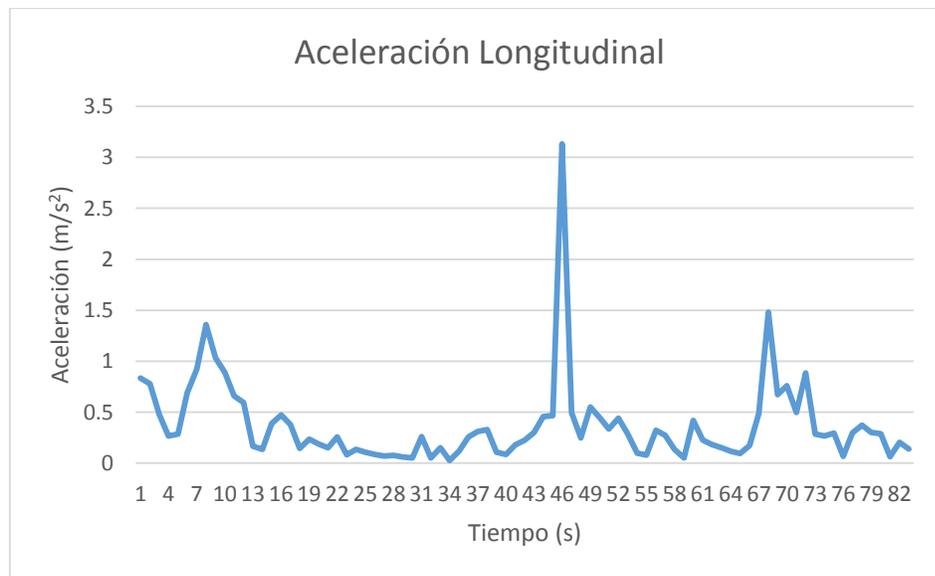


Figura 20. Ejemplo de un evento de enfrenado abrupto. En el segundo 46 se observa un cambio en la aceleración instantánea de -3 m/s², por lo que el Servicio Acelerómetro notifica al servicio de ubicación sobre la detección del evento.

4.4.5. Nodo Servidor de aplicación

Este servidor, corresponde a una aplicación web implementada con el framework Ruby on Rails, montada sobre un servidor en Heroku²⁵. Esto permite ofrecer una representación RESTful de los datos que componen un recorrido y tener un repositorio donde se reúne la información que colectan los conductores en una campaña de sensado participativo.

4.4.6. Nodo Consola del administrador de la campaña

Esta es una aplicación cliente implementada con Processing²⁶ y la biblioteca Unfolding²⁷, que permite la consulta y visualización de los recorridos reportados por los participantes en la campaña (ver Figura 21).



Figura 21. Ejemplo de visualización en la consola del administrador de campaña.

²⁵ <https://www.heroku.com>, es un proveedor bajo el esquema de Plataforma As A Service (PAAS), que posibilita montar aplicaciones web en su nube de servicios.

²⁶ www.processing.org

²⁷ <http://unfoldingmaps.org/>

4.5. Resumen y conclusiones

En este capítulo se mostraron los métodos de diseño que guiaron el desarrollo del Sistema Driving Habits.

El diseño se basa en los resultados del estudio contextual (capítulo 3). Siguiendo una metodología de diseño centrada en el usuario, se realizaron sesiones de diseño participativo con diseñadores y expertos en el área de interacción humano-computadora, en las que se definieron los principios de diseño.

El Sistema Driving Habits permite ofrecer conciencia a conductores respecto a sus hábitos de manejo como incentivo para promover su rol activo dentro de una campaña de sentido participativo sobre aspectos de movilidad urbana.

Los algoritmos descritos para la detección del contexto de manejo descansan en tres servicios:

- Ubicación, que genera trazas de movilidad a partir del sensor GPS con que cuenta el dispositivo móvil,
- OBD-II, que permite obtener datos de la computadora que controla el motor del vehículo, para disponer de información más precisa que la que el sensor GPS puede aportar sobre la operación del vehículo, conectada al dispositivo móvil a través de un dispositivo Bluetooth ELM-327.
- Acelerómetro, que a partir de las fuerzas que experimenta el dispositivo móvil permite obtener las componentes longitudinales y laterales que afectan al vehículo mientras se desplaza y que indican en qué momento se realiza una maniobra agresiva.

La retroalimentación respecto a los hábitos de manejo se realiza de manera continua durante el manejo mediante tres mecanismos:

- Un conjunto de cuatro íconos que brinda información sobre las cuatro maniobras de manejo agresivo detectadas (i.e. aceleración, enfrenado y volanteo abruptos y exceso de velocidad).
- Un mapa utilizando un símil con un dispositivo de navegación GPS que muestra la velocidad del vehículo y el sitio dónde han ocurrido los eventos de manejo agresivos.
- Retroalimentación por voz que informa al conductor cuando se ha detectado un evento, permitiéndole ampliar el contexto en el que ha ocurrido el evento, sirviendo esto para detectar problemas de movilidad urbana (e.g. baches, topes, tráfico, otros conductores agresivos).

Capítulo 5 Evaluación del Sistema Driving Habits

En este capítulo se detallan tres campañas de sensado participativo que se realizaron en Ensenada, B. C., con el fin de evaluar el Sistema Driving Habits. El objetivo principal de esta evaluación fue estudiar el impacto potencial del Sistema Driving Habits en la conciencia del conductor respecto a sus hábitos de manejo. Se describen los métodos de evaluación que se utilizaron, y se presentan y discuten los resultados obtenidos. Finalmente se incluye un resumen y las conclusiones del capítulo.

5.1. Métodos

Se desarrolló un estudio exploratorio de corte cualitativo, en la ciudad de Ensenada, B.C. de la segunda semana del mes de julio a la primera semana del mes de agosto de 2014. Este estudio consistió en tres campañas de sensado participativo en las cuales conductores ensenadeneses registraron información sobre sus patrones de movilidad utilizando el Sistema Driving Habits. El propósito del estudio fue:

- Evaluar la aceptación y percepción de utilidad del Sistema Driving Habits.
- Conocer si el modelo de interacción y el diseño del Sistema Driving Habits propician la autorreflexión y promueven la conciencia de los conductores respecto a sus hábitos de manejo.

5.1.1. Diseño del estudio

El estudio se dividió en tres fases:

1. **Reclutamiento**, donde se seleccionaron a los conductores aptos para participar en el estudio.
2. **Intervención de la tecnología**, en la cual los conductores utilizaron el sistema durante al menos una semana.

3. **Retiro de la tecnología**, en la que se realizó una encuesta de aceptación del sistema y una entrevista semiestructurada.

5.1.2. Reclutamiento y perfil de los participantes

Los criterios de inclusión del estudio consideran:

- Tener licencia de manejo vigente;
- Contar al menos con un año de experiencia como conductor; y
- Poseer un automóvil modelo 1996 o más reciente en buenas condiciones mecánicas.

No hubo criterios de exclusión.

Como incentivo para participar en el estudio se ofrecieron dos certificados de regalo por 200 US y 100 US, para el primero y segundo lugar, respectivamente. Los certificados de regalo se entregarían únicamente a los dos participantes que mejor información aportasen durante el estudio. No se especificaron los detalles del método a utilizarse para seleccionar a los ganadores para no alterar el comportamiento de los participantes durante el estudio.

Para reclutar a los participantes se publicitó el estudio mediante un póster que se colocó en paneles de avisos disponibles en distintos puntos del CICESE y UABC y se distribuyó mediante las cuentas de correo electrónico institucionales de los estudiantes del Centro, además de contactos por Facebook. El póster invitaba a conductores de automóvil interesados en participar en un estudio sobre movilidad urbana y que cumplieran con los criterios de inclusión (Figura 1).

Los interesados primero debían contestar una encuesta de entrada (Apéndice 4) que incluía preguntas relacionadas con sus datos demográficos y sus prácticas de manejo. A los participantes que satisficieron los criterios de inclusión se les contactó por correo electrónico para que conocieran más detalles del estudio, y el Documento de Consentimiento para Participar en el Estudio (Apéndice 5).

CICESE

¿Quieres participar por un premio de hasta \$200 US?

SI ESTÁS DISPUESTO A AYUDARNOS A CONOCER LOS HÁBITOS DE MANEJO DE LOS CONDUCTORES EN ENSENADA, USANDO DISPOSITIVOS MÓVILES EN UN ESTUDIO SOBRE MOVILIDAD URBANA, CONCURSARÁS POR UN PREMIO DE HASTA 200 US (1ER LUGAR) Y 100 US (2DO LUGAR).

SI CUMPLES CON LOS SIGUIENTES REQUISITOS:

- TIENES LICENCIA DE MANEJO VIGENTE
- TIENES MÁS DE UN AÑO COMO CONDUCTOR
- TU VEHÍCULO ES DE MODELO 1996 O MÁS RECIENTE

LLENA LA ENCUESTA DE PRESELECCIÓN DISPONIBLE EN:

 [HTTP://60D.BL/T4VGEX](http://60d.bl/t4vgex)

Contacto:
Miguel Ylízaliturri
Laboratorio de Cómputo Móvil y Ubicuo
Departamento de ciencias de la Computación
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B.C.
mylizali@cicese.edu.mx (646) 1750500 ext. 23444 (11 a 14 hrs)

Figura 22. Póster que se utilizó para publicitar el estudio de evaluación del Sistema Driving Habits.

A la invitación para establecer el primer contacto respondieron 51 individuos. De ellos 4 no cubrían los requisitos de aceptación mínimos y se les notificó de manera oportuna que no podían participar en el estudio. De los 47 restantes, 23 solicitaron la instalación de la tecnología en su automóvil (ver Tabla 6, 10 participantes eran mujeres). Respecto a los vehículos de los participantes, 4 corresponden a autos compactos, 10 a autos medianos de tipo sedán, 8 camionetas SUV y una minivan. Una de las SUV se trató de un vehículo híbrido.

Tabla 6. Detalle de los sujetos que participaron durante el estudio de evaluación del Sistema Driving Habits.

Participante	Sexo	Rango de edad	Tipo	Modelo
P01	Femenino	26 a 35 años	SUV	2006
P02	Masculino	18 a 25 años	Sedán	1999
P03	Femenino	18 a 25 años	Sedán	2003
P04	Masculino	26 a 35 años	Sedán	2002
A05	Masculino	26 a 35 años	Compacto	2012
A06	Masculino	26 a 35 años	SUV	2000
A07	Masculino	26 a 35 años	Sedán	2001
A08	Masculino	26 a 35 años	SUV	1997
A09	Femenino	18 a 25 años	SUV	1999
A10	Femenino	26 a 35 años	SUV	2001
A11	Masculino	26 a 35 años	SUV	2002
A13	Femenino	18 a 25 años	Sedán	2013
A14	Masculino	26 a 35 años	Sedán	1997
A15	Femenino	26 a 35 años	Compacto	2001
B16	Masculino	18 a 25 años	Sedán	2002
B17	Masculino	18 a 25 años	Sedán	2008
B18	Masculino	36 a 45 años	Minivan	2003
B19	Femenino	26 a 35 años	SUV	2003
B20	Masculino	26 a 35 años	Sedán	2003
B21	Masculino	26 a 35 años	Sedán	2006
B22	Femenino	26 a 35 años	SUV	2004
B23	Femenino	26 a 35 años	Compacto	2007
B24	Femenino	18 a 25 años	Compacto	2013

5.1.3. Configuración del Sistema

Durante el estudio se les proporcionó a los participantes el equipo necesario para su participación, el cual incluyó los siguientes elementos:

- Tableta con pantalla de 7 pulgadas con sistema operativo Android, con cargador y cable de datos.
- Un soporte de succión para colocar la tableta.
- Interfaz ELM327 que se instaló en el conector OBD-II del vehículo.

A los participantes se les indicó que debían montar la tableta usando el soporte de succión en la parte baja del parabrisas descansándolo sobre el tablero y colocándolo de la manera más firme posible (ver Figura 23 a).

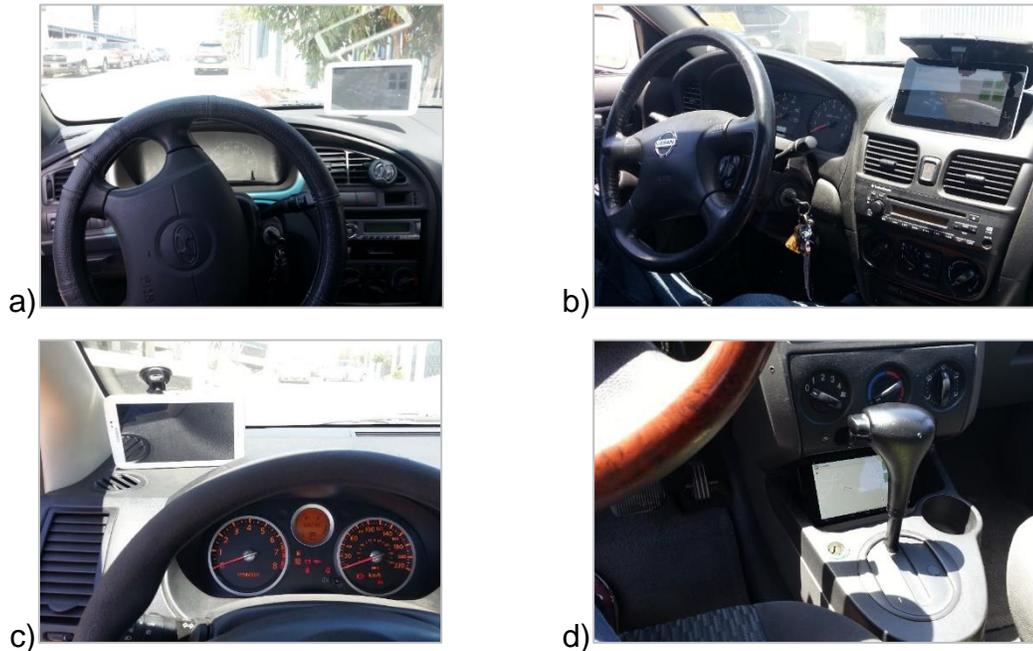


Figura 23. Montaje de la tableta en el vehículo de los participantes. a) Algunos participantes colocaron el soporte en el centro del tablero sobre el parabrisas, b) otros lo colocaron, en el centro del tablero en un compartimiento de almacenamiento. c) algunos, los colocaron en el parabrisas del lado izquierdo del conductor, d) y otros, en la consola central detrás de la palanca de velocidades.

Por las diversas características de diseño de los vehículos (i.e. ángulo de inclinación del parabrisas), los participantes no siempre colocaron el soporte en el sitio indicado. Algunos conductores cambiaron la ubicación del soporte por preferencia personal, o por que las condiciones de su vehículo dificultaban el colocar la base de succión (ver Figura 23).

El dispositivo ELM327 se colocó en el conector OBD-II que se encuentra habitualmente debajo de la columna de dirección del vehículo. En la mayoría de los casos, el dispositivo quedaba oculto, o bien, expuesto en la zona de los pedales. Sin embargo ninguno de los conductores indicó que pudiera estorbar al momento de conducir (Figura 24).

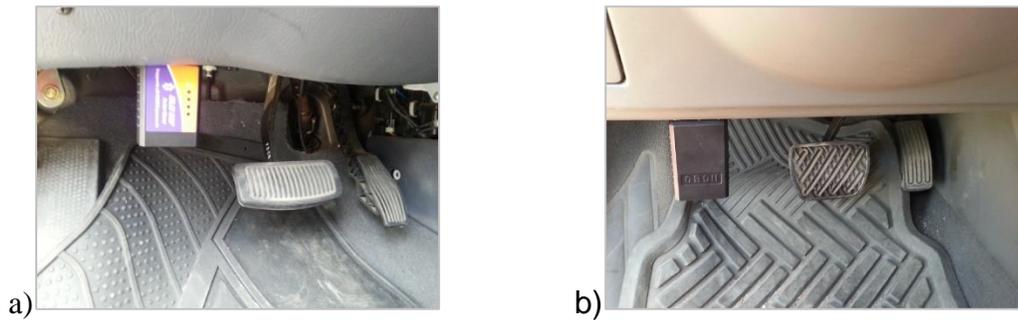


Figura 24. Ubicación del dispositivo ELM327 conectado al puerto OBD-II en el vehículo de los participantes. a) Oculto cerca de la columna de dirección del vehículo, b) expuesto debajo de la columna de dirección.

5.1.4. Actividades de los participantes

5.1.4.1. Cuestionario sobre Hábitos de Manejo en Español

Con el fin de conocer la autopercepción de los participantes respecto a sus hábitos de manejo e identificar a los potenciales conductores agresivos, se les pidió a los participantes contestar, la versión adaptada al español, del Cuestionario de Hábitos de Manejo (López de Cózar, Molina Ibáñez, Chisvert Perales, Aragay Barbany, and Sanmartín Arce, 2006) (Apéndice 4) –este instrumento ayuda a identificar los errores humanos al conducir (i.e. distracciones, errores, violaciones ordinarias y violaciones graves). Los participantes contestaron el cuestionario a través de un formulario en una página web.

Este cuestionario utiliza una escala Likert de 5 niveles (Likert, 1932) y consta de dos secciones. La primer sección contiene 5 preguntas donde el conductor señala la autopercepción que tiene de su manejo, y la segunda sección de 36 preguntas, donde el conductor trata de identificar comportamientos específicos al manejar (e.g. arrancar el auto en segunda marcha, rebasar el límite de velocidad involuntariamente, etc.)

La gráfica (Figura 25) muestra los puntajes obtenidos por los participantes en el estudio. Los puntajes mayores a 3 en los campos de violaciones ordinarias y graves indican una mayor probabilidad de incurrir en comportamientos agresivos. Como se puede ver, el perfil de los conductores reportado no señala la existencia de conductores potencialmente agresivos, salvo el participante P02, que supera la media en relación a

violaciones ordinarias (i.e. violaciones a la ley que se realizan de manera involuntaria y esporádica).

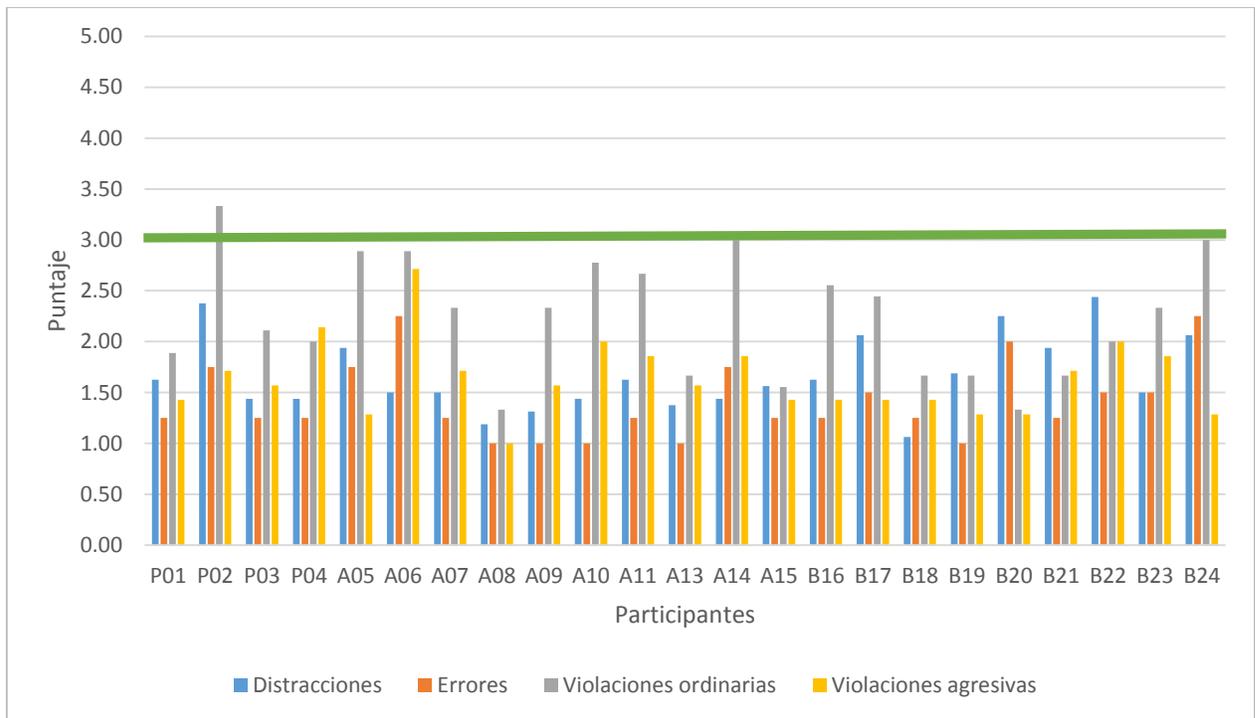


Figura 25. Puntaje de los participantes en el estudio en el Cuestionario sobre Hábitos de Manejo en Español. La línea que representa el puntaje de 3.00, representa el límite a partir del cual se considera que el participante reconoce cometer potencialmente hábitos de manejo agresivos.

5.1.4.2. Instalación

A los participantes se les solicitó presentarse con su automóvil en el estacionamiento del edificio de Telemática en CICESE para una sesión de 30 minutos. Durante esta sesión, los participantes firmaron el Documento de Consentimiento de Participación en el Estudio, se realizó una inspección técnica del vehículo, y se procedió con la instalación de la tecnología en su vehículo. Además, se instruyó a los participantes sobre el uso del sistema, y se les solicitó no alterar su rutina de manejo durante la semana que duraría su participación en el estudio.

5.1.4.3. Intervención

Durante los siete días siguientes los participantes utilizaron la aplicación en su vida cotidiana. Al utilizar el Sistema Driving Habits, se registraron trazas de movilidad y los

eventos de manejo detectados. Los participantes conectaron al menos una vez al día el dispositivo móvil a una red WiFi a fin de que se pudieran enviar los datos que colectaron durante el día y compartirlos con el equipo de investigación.

La intervención se dividió en tres campañas de sensado participativo con una duración de una semana cada una (ver Tabla 7).

Tabla 7. Campañas de sensado participativo.

Campaña	Participantes	Fecha de inicio (instalación)	Fecha de fin (retiro)
Semana 1 (C1)	4 de la campaña piloto y 10 nuevos	Lunes 7 de julio	Lunes 14 de julio
Semana 2 (C2)	2 de la campaña piloto y 2 de la semana 1 y 9 nuevos	Miércoles 16 al viernes 18 de julio	Miércoles 23 al viernes 25 de julio
Semana 3 (C3)	1 de la campaña piloto y 2 de la semana	Sábado 26 de julio	Martes 5 de agosto

5.1.4.4. Retiro

Al término del estudio, los participantes debían volver al estacionamiento del edificio de Telemática de CICESE para contestar una encuesta sobre la aceptación del Sistema Driving Habits. Para ello, se utilizó el cuestionario propuesto por (Osswald, Wurhofer, Trösterer, Beck, and Tscheligi, 2012) que utiliza el modelo CTAM (Car Technology Acceptance Model) para predecir aceptación, utilidad y facilidad de uso de tecnología para automóviles.

Una vez que los participantes terminaron de contestar el cuestionario, devolvieron la tableta, el soporte y el dispositivo ELM327 que recibieron para su participación en el estudio. Posteriormente fueron entrevistados (Apéndice 7) respecto a sus experiencias con el Sistema Driving Habits.

Las entrevistas tuvieron una duración promedio de 25 minutos, fueron grabadas para su transcripción y posterior análisis. En total se consiguieron 10 horas de grabación (ver Tabla 8).

Tabla 8. Tiempo total de entrevistas por participante

Participante	Duración de entrevista
P01	25:04
P02	23:39
P03	21:58
P04	22:35
A05	19:59
A06	25:58
A07	20:38
A08	17:37
A09	17:45
A10	20:45
A11	24:46
A13	23:24
A14	21:35
A15	24:42
B16	58:21
B17	23:45
B18	36:33
B19	15:23
B20	21:30
B21	31:19
B22	30:40
B23	20:45
B24	30:27

5.1.5. Análisis de datos

Se analizaron los datos recabados, buscando dar respuesta a las preguntas de investigación iniciales (ver Capítulo 1). Se utilizó un método mixto para analizar los datos incluyendo técnicas cualitativas de micro-codificación (Glaser and Strauss, 2009) y diagramas de afinidad (Creswell, 2012) para analizar las entrevistas, además de técnicas cuantitativas para analizar los datos de recorridos aportados por los conductores, y las encuestas aplicadas.

5.2. Resultados

5.2.1. Estadística de uso del Sistema Driving Habits

El tiempo de uso registrado equivale a 101.61 horas ($\mu=12$ minutos y $\sigma.= 9.10$ min por recorrido). El recorrido²⁸ más breve tuvo una duración de 0.75 min y el más largo de 78.42 min.

En total se colectaron datos de 509 recorridos, equivalentes a una distancia total de 2,751.49 km ($\mu=6.43$ km, $\sigma=5.41$ km, ver la Figura 26). El recorrido más breve registrado fue de una distancia de 260 m y el más largo de 101.75 km –ya que uno de los participantes (B21) utilizó el sistema cuando viajó a Tijuana, B.C. Al analizar la información por participante, noté que el participante A13 no reportó ningún recorrido, ya que hubo un problema de comunicación entre el dispositivo ELM327 y el vehículo (ver Figura 26). No obstante, se tiene evidencia que el participante sí utilizó el Sistema Driving Habits por sus comentarios durante las entrevistas. Además, los participantes B18 y B22 comparten el vehículo con su cónyuge, lo que puede explicar el uso limitado del Sistema Driving Habits al reportar únicamente 31 y 10 km respectivamente.

En contraste, analizando aquellos participantes que utilizaron más la aplicación (ver Figura 26), la participante A10 reside en un sector alejado de la ciudad, por lo que hace un uso intensivo del automóvil, lo que explica el hecho de haber sido la persona que mayor distancia recorrió en una campaña individual. El participante A07 aportó información durante las campañas 1, 2 y 3, sin embargo durante la segunda semana salió de la ciudad y no utilizó el Sistema Driving Habits.

Algunos de los conductores manifestaron tener problemas con el soporte de succión que se les proporcionó, y para resolverlo en algunos casos recurrieron a la ayuda de sus pasajeros:

²⁸ Se consideraron todas las entradas en el servidor de aplicación que representasen al menos 250 m de desplazamiento por conductor.

“...lo que hacía era ponerlo en el asiento, iba con un copiloto y el copiloto lo agarraba, en sí con la aplicación no tuve problema, el soporte fue con lo que tuve problema...” [A07]

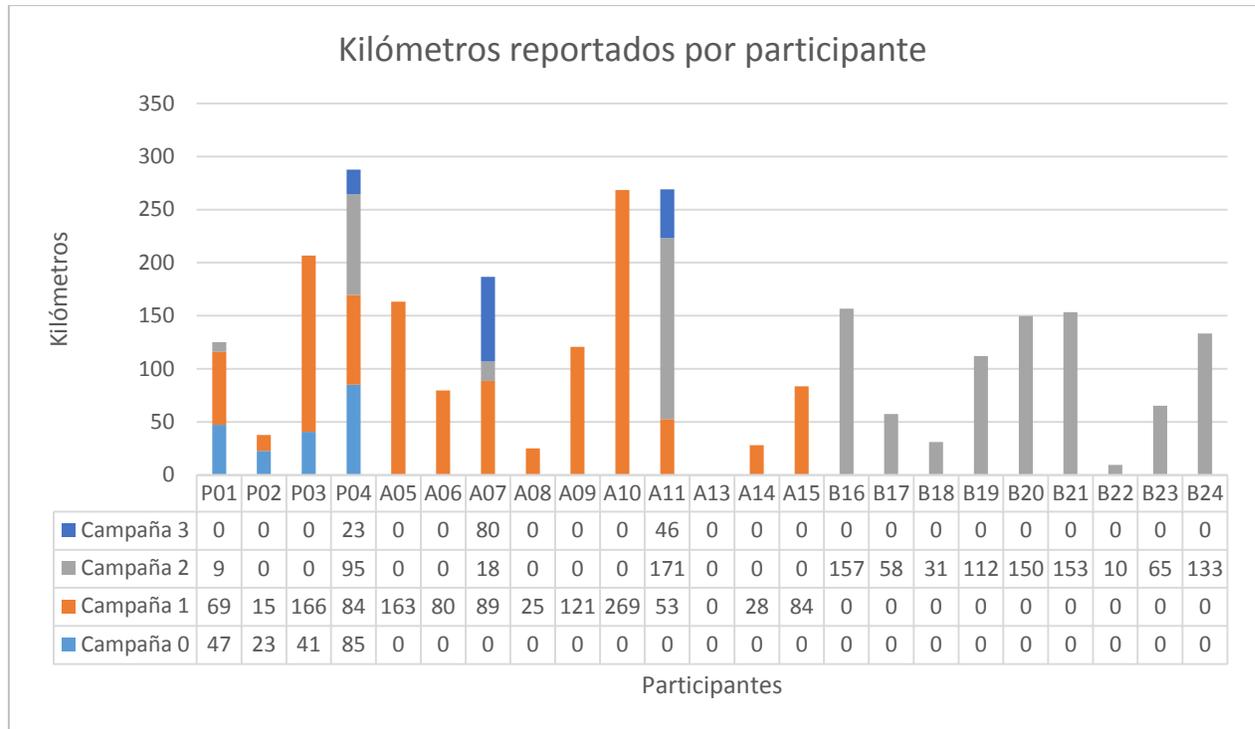


Figura 26. Kilómetros reportados por participante.

5.2.1.1. Detección de eventos de volanteo abrupto

Se consideran eventos de volanteo abrupto, aquellos en los que el Sistema Driving Habits detectó un cambio en la aceleración lateral del vehículo de una magnitud igual o mayor a 4 m/s^2 .

En total se registraron 1,128 eventos de volanteo ($\mu=49$ eventos por participante $\sigma=82.20$, ver Figura 27). De ellos, 349 de estos eventos fueron etiquetados por los participantes ($\mu=15$, $\sigma=16.59$, mínimo=0, máximo=185) y no etiquetados 779 ($\mu=34$ $\sigma=72.81$, mínimo=0, máximo=350).

P03 fue el participante que más eventos de volanteo reportó (395 eventos en total). Este número de eventos es alto, porque la ruta que este participante normalmente recorre incluye el Boulevard Costero. El concreto de esta calle está en muy malas condiciones,

lo que produce un efecto de golpeteo al circular sobre ella, situación que fue detectada por el acelerómetro como evento de volanteo abrupto.

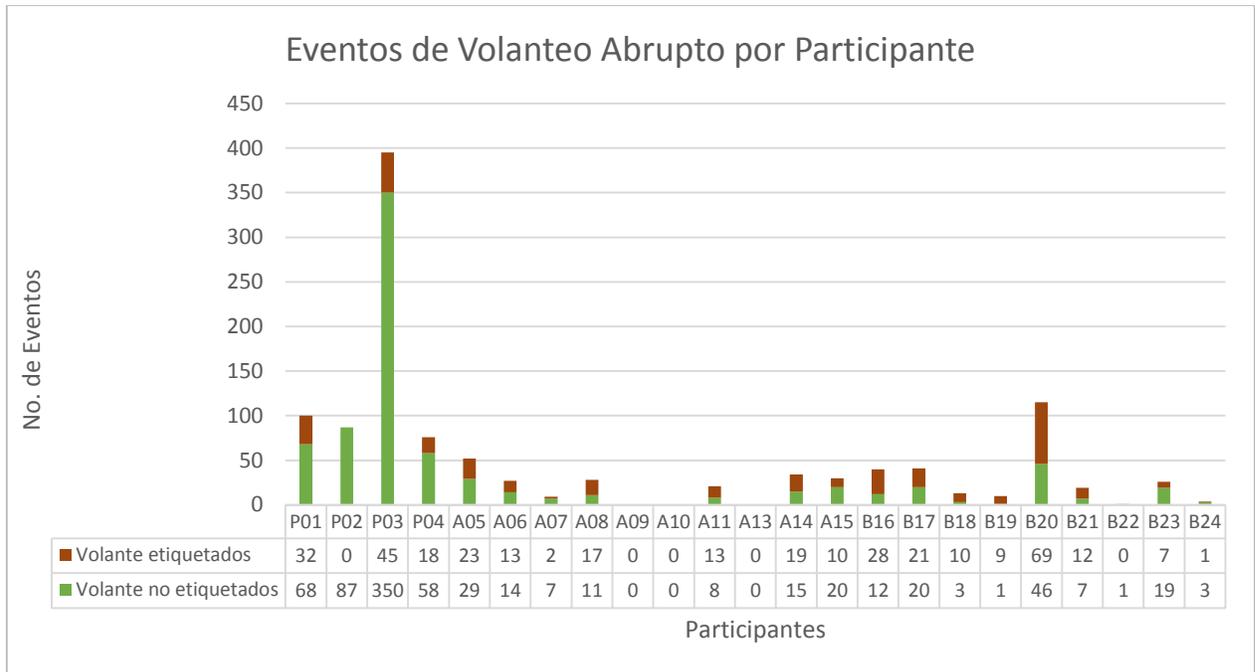


Figura 27. Eventos de volanteo abrupto por participante.

La mayoría de los participantes señalaron que el sistema Driving Habits detectaba demasiados eventos de volanteo –es decir, que esta fue la variable más sensible.

“Pero sí marcaba los volantazos y así, y... luego no entendía porque marcaba el volanteo, igual porqué vibra así...” [P01]

Además, otros participantes explicaron que muchos eventos de volanteo ocurrían debido a la poca calidad del concreto en las vialidades. En estos casos, los participantes explicaban que estos volantazos no debían etiquetarse como malos hábitos sino como problemas en las vialidades actuales.

“Bueno, vi bien reflejadas las cosas, cuando me marcaba volantazos o freno, volantazos [especialmente] cuando había hoyos en las calles...” [B21]

5.2.1.2. Detección de eventos de exceso de velocidad

Se consideran eventos de exceso de velocidad, aquellos en los que el Sistema Driving Habits detectó una velocidad mayor a 80 km/h, que es el límite de velocidad permitido según el Reglamento de Tránsito de Ensenada.

En total se registraron 540 eventos de exceso de velocidad ($\mu=29$ eventos por participante $\sigma=24.33$, máximo=85, ver Figura 28). De ellos, 253 de estos eventos fueron etiquetados por los participantes ($\mu=12$, $\sigma=15.91$, mínimo=0, máximo=62) y no etiquetados 287 ($\mu=11$ $\sigma=17.43$, mínimo=0, máximo=78).

El caso de los participantes P03, A10 y A11 muestran el uso intensivo de vialidad conocida como Boulevard Costero en su tramo costero, que se caracteriza por su uso como vía rápida.

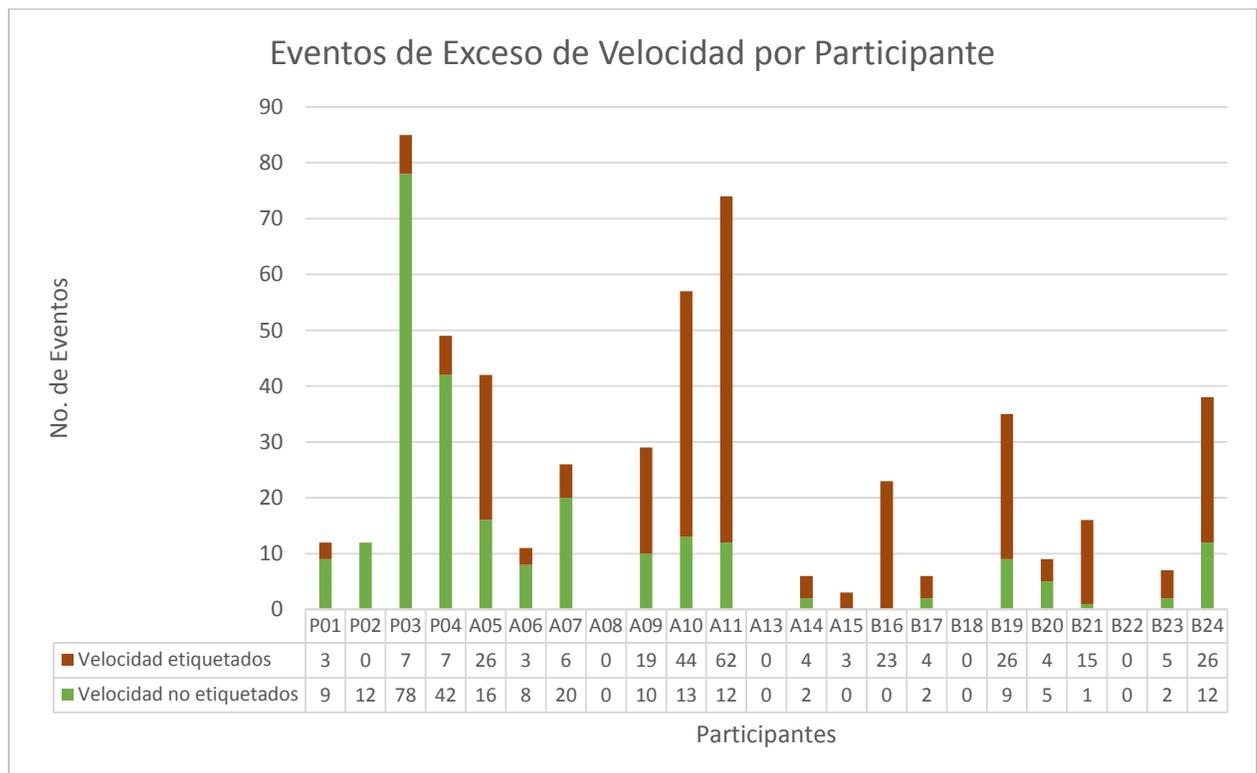


Figura 28. Eventos de exceso de velocidad por participante.

Los participantes señalaron que el aviso de exceso de velocidad fue consistente con los límites legales, como refiere el participante:

“hay zonas en que sí manejo muy rápido y agarras conciencia, y revisas los letreros y dices sí, sí voy muy rápido” [A06]

Una situación particular en la conciencia que los conductores adquieren respecto a su velocidad está dada por aspectos culturales. Ya que 15 de los 23 automóviles participantes en el estudio son vehículos importados de los Estados Unidos, los velocímetros suelen encontrarse en millas por hora, a diferencia de las señales de tránsito que se encuentran en kilómetros; como consecuencia, algunos conductores suponen que conducen por debajo de los límites permitidos.

5.2.1.3. Detección de eventos de enfrenado abrupto

Se consideran eventos de enfrenado abrupto, aquellos en que el Sistema Driving Habits detectó una desaceleración longitudinal de 2.4 m/s^2 .

En total se registraron 1963 eventos de exceso de velocidad ($\mu=85$ eventos por participante $\sigma=90.47$, máximo=322, ver Figura 29). De ellos, 935 de estos eventos fueron etiquetados por los participantes ($\mu=85$, $\sigma=90.47$, mínimo=0, máximo=322) y no etiquetados 287 ($\mu=41$ $\sigma=45.43$, mínimo=0, máximo=185).

Es de notar la participante A10, quien aportó 322 eventos, pues hace uso intensivo de una vialidad que atraviesa la ciudad de Norte a Sur, la Av. Reforma, en donde se detectó un número importante de eventos debido a la cantidad de tráfico que por ella se desplaza. La participante B23 mencionó por su parte que la mayoría de los eventos de frenado ocurrieron en el sector Centro de la ciudad, donde existe un número importante de altos en las intersecciones y semáforos.

“Ay, de que estaba muy sensible el acelerador y el freno, y es así como de que en las calles de acá por la 11 que hay un chorro de altos, era así de ¿por qué frenaste bruscamente? no, entonces eso enfadaba un poquito, pero supongo que si estuviera más justo no habría problema.” [B23]

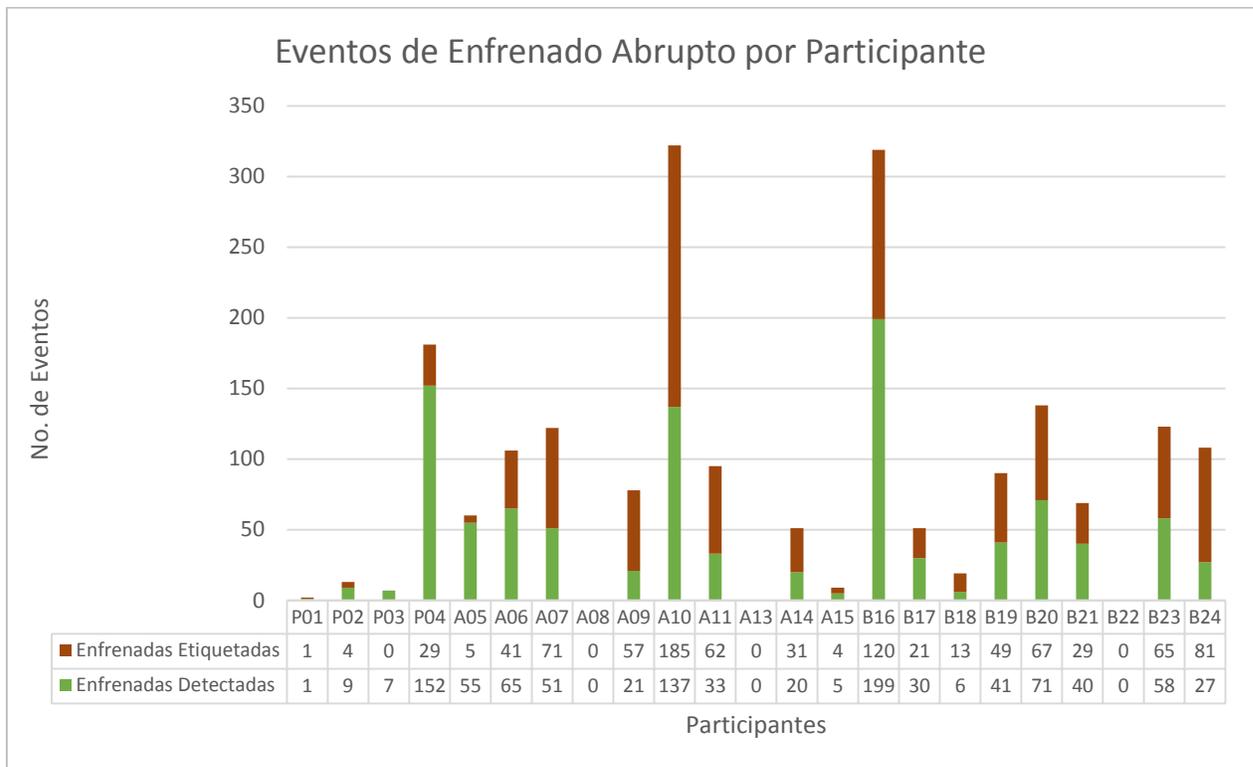


Figura 29. Eventos de enfrenado abrupto por participante.

5.2.1.4. Detección de eventos de acelerado abrupto

Se consideran eventos de acelerado abrupto, aquellos en que el Sistema Driving Habits detectó una aceleración longitudinal de 2.8 m/s^2 .

En total se registraron 373 eventos de exceso de velocidad ($\mu=85$ eventos por participante $\sigma=90.47$, máximo=322, ver Figura 30). De ellos, 168 de estos eventos fueron etiquetados por los participantes ($\mu=16$, $\sigma=18.04$, mínimo=0, máximo=71) y no etiquetados 205 ($\mu=7$ $\sigma=7.35$, mínimo=0, máximo=28).

El participante P04 maneja un auto deportivo, quién aportó 73 eventos, lo que podría explicar su perfil de manejo. Sobre la sensibilidad de la variable, señalaron:

“[¿Consideras haber adquirido conciencia sobre tus hábitos de manejo?] Sí, como acelerar mucho, en un semáforo y casi siempre acelero, no acelero despacito, o viceversa, está el rojo y freno muy de seco, muy agresivo, y sí me lo detecta” [A07]

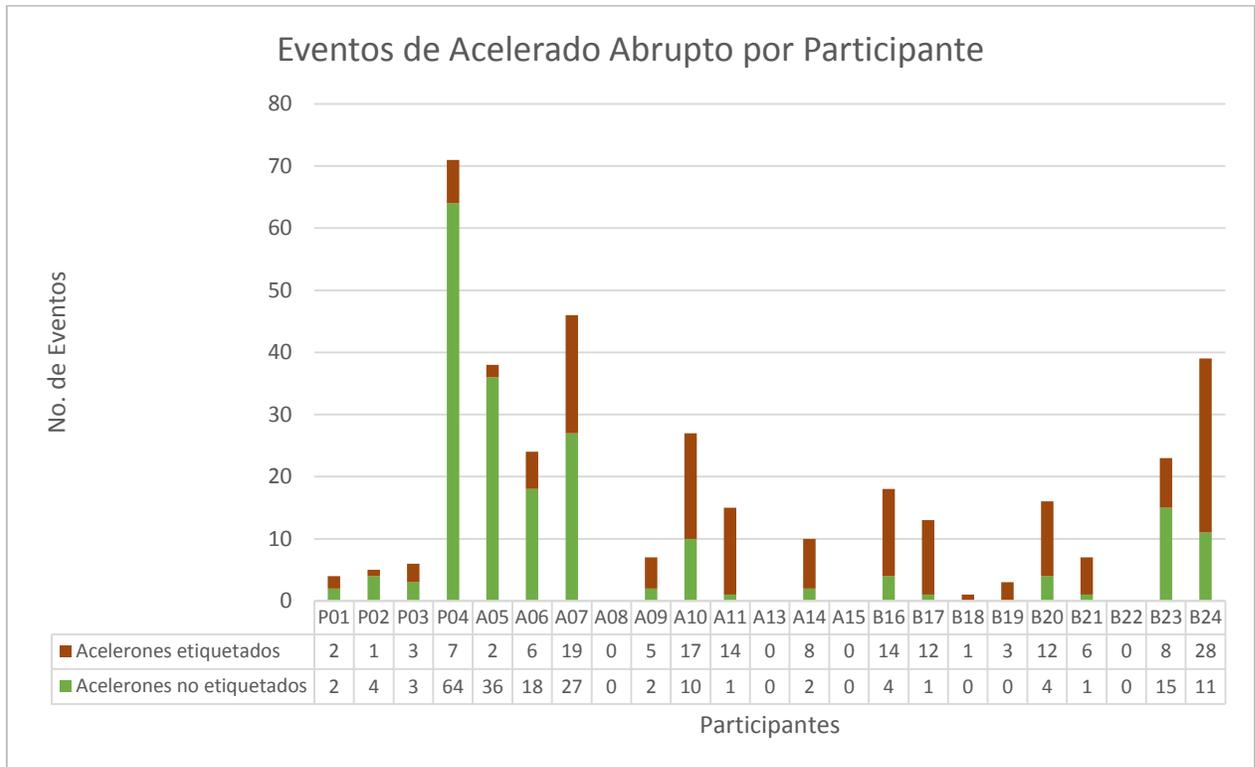


Figura 30. Eventos de acelerado abrupto por conductor.

5.2.2. Encuesta de Aceptación del Sistema

Se calcularon los puntajes para cada categoría del cuestionario Car Technology Acceptance Model (Figura 31) y su confiabilidad mediante el alfa de Cronbach (ver Tabla 9, (Cronbach, 1951)) –un coeficiente que permite conocer la consistencia interna de las respuestas. En la Tabla 10 se muestran a detalle los resultados de cada pregunta del cuestionario.

Las categorías Expectativas de esfuerzo, Auto eficacia y Condiciones facilitadoras muestran valores para el Alfa de Cronbach bajos, lo que se discute a continuación.

Expectativas de esfuerzo:

Los participantes encontraron sencillo utilizar el sistema Driving Habits. Comenta uno de ellos al respecto:

“la forma de seleccionar cuando había un incidente era fácil, rápido, te mostraba las opciones, y eran así como que a mi parecer intuitivas, los íconos y todo eso” [B22]

Además, la representación de los hábitos de manejo sobre el mapa fue atractiva y fácil de interpretar para los participantes, como nos indicó uno de ellos:

“el mapa me gustaba mucho porque vas viendo tu ruta, e igual te da la misma información del iconito de aceleración, me gustaba más como que me marcara aquí vas bien, en rojo y luego en amarillo y ya no vas tan rápido, y el súper rojo ya te volaste todos los límites, eso me gustó.” [B24]

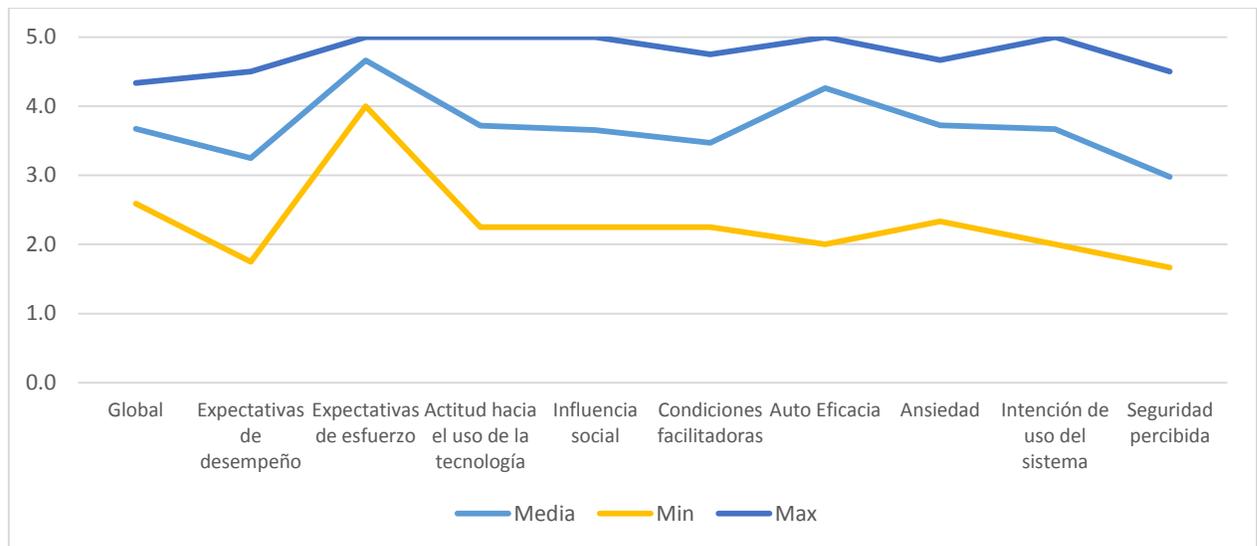


Figura 31. Resultados por categoría del Cuestionario CTAM de la encuesta de aceptación del sistema.

Tabla 9. Alfa de Cronbach para cada categoría del cuestionario CTAM.

Categoría	Alfa de Cronbach
Global	0.8755
Expectativas de desempeño	0.6887
Expectativas de esfuerzo	0.3133
Actitud hacia el uso de la tecnología	0.7502
Influencia social	0.8290
Condiciones facilitadoras	0.4641
Autoeficacia	0.5915
Ansiedad	0.7410
Intención de uso del sistema	0.7526
Seguridad percibida	0.7242

Condiciones facilitadoras:

La mayoría de los participantes expresó que el sistema era compatible con sus dispositivos, pues únicamente 4 de 23 participantes manifestaron tener dispositivos incompatibles con Android. Además, tres de los participantes utilizaron tabletas de su propiedad durante el estudio.

Autoeficacia:

Veintiuno de los participantes encontraron que el diseño del sistema Driving Habits les permitiría realizar sus actividades y resolver problemas con el sistema de forma autónoma.

Inclusive, los participantes expresaron que el sistema se puede utilizar de manera colectiva y alternada. Por ejemplo, permitiendo a los pasajeros interactuar con el sistema. En la mayoría de los casos, el pasajero jugaba el rol de “etiquetador” tomando la responsabilidad de informar al sistema del contexto de algún evento detectado, y podían operar el sistema sin haber recibido instrucción previa.

“[Yo no etiquetaba algunos eventos], porque [los pasajeros] escuchaban la voz, y ya sabían que había dado un enfrenón o un arrancón, y en automático decían ya lo puse [refiriéndose a que había etiquetado algún evento], y [el sistema] no me interrumpía para nada, les gustó mucho...” [B24]

Expectativas de desempeño

Los participantes señalaron la existencia de un compromiso entre el tiempo necesario para instalar y operar el sistema y el lograr operar el vehículo más rápidamente, puesto que su operación añade actividades a las que normalmente realiza el conductor en su vida cotidiana, tal como lo señala en su comentario una participante:

“Pues nada más, mi preocupación era prenderlo, no era automático, le tenía que dar play, voy tarde, tengo que darle play, ¿y cómo estas hoy? era ¡no puedo salir! no se ponía automáticamente y si iba tarde tenía que atender el sistema...” [A13]

Seguridad percibida

Nueve de los veintitrés participantes expresaron que el sistema era un tanto inseguro –la seguridad percibida obtuvo el puntaje más bajo de todo el cuestionario. Los participantes explicaron que el sistema Driving Habits demandaba mucho la atención en caso de que existiesen muchos eventos de malos hábitos de manejo requiriendo el etiquetado oportuno. Y en algunos contextos, más cuando los participantes tenían prisa, sus hábitos eran pobres y la notificación de los eventos desviaba mucho la atención del conductor.

Paradójicamente los conductores expresaron que el sistema no los distraía al conducir. Esto nos indica que los conductores tuvieron reacciones encontradas entre la seguridad percibida y las distracciones del uso del sistema Driving Habits. Esto muestra también que el modelo de interacción de manipulación directa²⁹ es probablemente inadecuado, lo que abre oportunidades para estudiar otros posibles modos de interacción, utilizando quizás comunicación por voz.

“es distraente cuando estas acá [manejando], no, y luego si tenía como el miedo de le pongo acá [a la aplicación] o le pongo acá [al volante], si hubiera de voz, pues ya le dices [qué ocurrió]...” [P03]

El situar al Sistema Driving Habits dentro del vehículo altera la dinámica a la que el conductor está habituado –hecho que se hace más notorio cuando existen pasajeros a bordo.

“...pues sí, porque cuando iba con un copiloto me decía pon atención en manejar en lugar de ir con esa cosa, y luego sentía que iba más acá que poniendo acá...” [P01]

Inclusive, los conductores expresaban que en múltiples ocasiones optaban por no utilizar el sistema y no etiquetar eventos para enfocarse más en la actividad de manejo

²⁹ Se trata de un estilo de interacción en que el usuario manipula la representación de un objeto que responde al comportamiento esperado de manera inmediata sin intermediarios

que en el uso del sistema. Muchos conductores únicamente utilizaban el sistema cuando tenían un pasajero que los apoyaba a etiquetar eventos.

“las veces que retroalimentación fue porque llevaba a alguien [refiriéndose a un pasajero], entonces sería padre ponerle comandos de voz, simplemente que te preguntara y tú le respondieras por voz” [A07]

Hubo una percepción casi generalizada, pues 16 de los 23 participantes manifestaron que usar el sistema no disminuye el riesgo al conducir, situación que se resume en las tres preocupaciones que manifestó uno de los participantes sobre emplear el sistema Driving Habits:

“Uno, la distracción, dos, quizás ocasionar un accidente, tres, que me infraccionaran por estar distraído y ya” [A06]

Sin embargo, este resultado no representa del todo una debilidad del sistema, pues uno de los efectos deseados con el diseño, era el no inducir una sensación de seguridad en el conductor, sino más bien incrementar su conciencia sobre el manejo y reducir el efecto denominado homeostasis del riesgo, en el que el participante pudiera adquirir hábitos de manejo contrarios a su seguridad (af Wåhlberg, 2012).

Actitud hacia el uso de la tecnología:

Hubo hallazgos interesantes durante la intervención, que se pueden resaltar respecto a la actitud hacia la tecnología.

Los participantes encontraron al sistema “divertido”, y el sistema logró despertar su interés y el de sus acompañantes. Además, frecuentemente resaltaban lo intuitivo que era la interfaz y lo fácil que era interpretar los datos que el sistema Driving Habits les mostraba.

“...era divertido poner la Tablet ahí enfrente, no sé, los botones se me hacían accesibles, bueno los íconos que mostraba...” [B21]

Inclusive, algunos participantes señalaban que el sistema se había vuelto su acompañante o asistente de manejo y algunos conductores y pasajeros empezaron a bromear con el sistema y establecer conversaciones con él.

“Pues en sí, yo creo que sí lo utilizaría, más que nada cuando vayas solo, porque no te sientes tan solo, como que te hace compañía” [B20]

Finalmente el modelo de interacción al emitir mensajes de voz puede propiciar la socialización con el conductor, cuyos pasajeros encontraron entretenido el Sistema:

“Se reían [los pasajeros]... yo lo dejaba [el sistema con la voz habilitada], incluso decían que era medio metiche pero era broma” [B19]

Esto sugiere que no únicamente la incorporación de respuesta por medio de comandos de voz es necesario, sino también dotar al sistema de una figura más humana para que se pueda crear una relación con el conductor, lo que sugiere que se debe explorar el uso de interfaces de voz antropomórficas. Recientemente estas interfaces han cobrado importancia con su incorporación como asistentes digitales en dispositivos móviles (e.g., Siri³⁰, Cortana³¹).

Tabla 10. Resultados de la encuesta de aceptación del sistema.

Id	Pregunta	μ	σ	Moda	Mín.	Máx.
	Expectativas de desempeño					
1	El sistema podría ser útil al manejar	3.5	0.9	4	1	5
2	Usar el sistema me permite lograr mis objetivos más rápidamente.	2.8	1.2	3	1	5
3	Usar el sistema mejora mi desempeño como conductor.	3.6	0.9	4	2	5
4	Si yo utilizase el sistema llegaría a mi destino de forma segura.	3.1	0.9	4	1	4
	Expectativas de esfuerzo					
5	Mi interacción con el sistema debería ser clara y entendible.	4.6	0.7	5	3	5
6	Podría ser fácil para mí volverme hábil en el uso del sistema.	4.7	0.6	5	3	5
7	Encuentro el sistema fácil de usar.	4.6	0.8	5	2	5
8	Aprender como operar el sistema es fácil para mí.	4.8	0.4	5	4	5

³⁰ <https://www.apple.com/mx/ios/siri/>

³¹ <http://www.windowsphone.com/es-mx/how-to/wp8/cortana/meet-cortana>

Id	Pregunta	μ	σ	Moda	Mín.	Máx.
	Actitud hacia el uso de la tecnología					
9	Usar el sistema es una buena idea.	3.8	0.7	4	2	5
10	El sistema hace que conducir sea más interesante.	3.6	1.1	4	1	5
11	Interactuar con el sistema podría ser divertido.	3.8	1.0	3	1	5
12	Me gustaría interactuar con el sistema.	3.7	0.9	4	2	5
	Influencia social					
13	Me gustaría mostrar el sistema a mis conocidos.	4.0	0.8	4	2	5
14	Las personas de quienes valoro su opinión querrían usar el sistema también.	3.3	1.2	3	1	5
15	Mis pasajeros encuentran útil el sistema.	3.3	1.0	3	2	5
16	En general, recomendaría a mis conocidos usar el sistema.	4.0	0.9	4	2	5
	Condiciones facilitadoras					
17	Al usar el sistema puedo mantener mi manejo seguro.	3.3	0.9	3	1	5
18	Tengo el conocimiento necesario para usar el sistema.	4.8	0.5	5	3	5
19	El sistema es compatible con otros sistemas que uso.	3.3	1.5	5	1	5
20	Debería haber alguien a quien pueda pedir asistencia respecto a las dificultades del sistema.	3.6	1.4	5	1	5
	Autoeficacia					
21	Yo podría completar una tarea o actividad usando el sistema si no hay nadie que me diga que hacer.	4.6	0.7	5	3	5
22	Yo podría completar una tarea o actividad usando el sistema si pudiera llamar a alguien para pedir ayuda si tengo dificultad.	4.1	1.1	5	1	5
23	Yo podría completar una tarea o actividad usando el sistema si tuviera mucho tiempo.	4.3	1.2	5	1	5
24	Yo podría completar una tarea o actividad usando el sistema si tuviera opciones de ayuda incorporadas para asistencia.	4.0	1.3	5	1	5
	Ansiedad					
25	Tengo preocupaciones sobre usar el sistema.	2.8	1.4	4	1	5
26	Pienso que podría tener un accidente por usar el sistema.	3.7	0.9	4	2	5
27	El sistema me incomoda.	2.0	1.0	1	1	4
28	Temo no poder llegar a mi destino por el sistema.	1.3	0.8	1	1	4
29	Temo no entender el sistema.	1.2	0.6	1	1	3
30	Siento que el sistema no afecta mi conducción.	3.3	1.2	2	2	5
	Intención de uso del sistema					
31	Asumiendo que tuviera acceso al sistema, tendría intención de usarlo.	3.9	0.8	4	2	5
32	Si tuviera acceso al sistema, seguramente lo usaría.	3.6	0.8	3	2	5
33	Si el sistema estuviera disponible planearía usarlo.	3.5	1.0	4	1	5
	Seguridad percibida					
34	Creo que usar el sistema es peligroso.	2.6	0.8	3	1	4
35	Usar el sistema requiere de poner más atención.	3.9	1.2	4	1	5

Id	Pregunta	μ	σ	Moda	Mín.	Máx.
36	El sistema me distrae al conducir.	3.2	1.2	2	1	5
37	Me siento seguro usando el sistema.	3.6	1.0	3	2	5
38	Usar el sistema disminuye el riesgo de accidentes.	2.9	1.0	3	1	4
39	Puedo usar el sistema sin tener que verlo.	3.1	1.3	2	1	5

5.2.3. Uso del sistema por el conductor

Además de utilizar el Sistema Driving Habits para adquirir conciencia de sus hábitos de manejo, los conductores expresaron que era útil emplear el mapa para ubicarse en la ciudad. Esto sugiere que el diseño de estos sistemas pudiera beneficiarse de su integración con dispositivos comerciales GPS pero incorporando información contextual asociada a hábitos de manejo. De hecho, aunque los conductores encontraron al Sistema Driving Habits como “atractivo”; una gran proporción de nuestros participantes prefería la presentación de un mapa como símil a un sistema de navegación GPS (53%), y solo el 10% mencionó la combinación de mapa con íconos o solamente el uso de íconos (5%, ver Figura 32):

“pues tener algo nuevo en el automóvil, traer algo tipo GPS, como los gringos, me gustó, y tener una interfaz con el mapa para ver dónde vas y dónde estás ubicado, eso también serviría para ubicarte en otra ciudad que no conoces, eso me agradó” [B17]

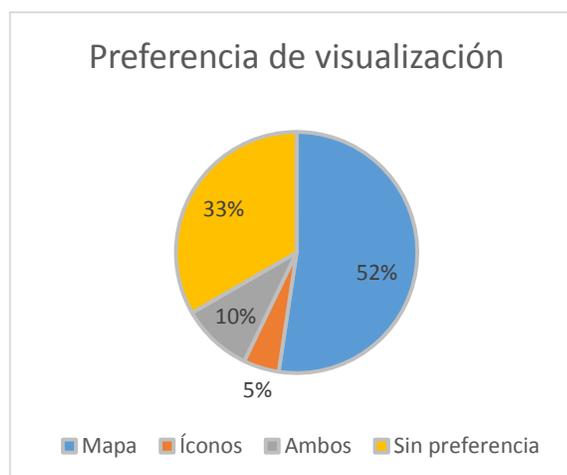


Figura 32. Preferencia de visualización de los conductores.

5.2.4. Usos potenciales

Los participantes en el estudio identificaron otros usos potenciales para el Sistema Driving Habits. Entre los usos que sugieren está la vigilancia de otros conductores, en el ámbito social, familiar, y de servicios:

“Pues yo estaba pensando lo de los microbuses, porque sí estaría bien [monitorear sus hábitos de manejo], sí alguien los está controlando es una forma de checarlos y cada aviso es una forma de revisarlos, sería de ver su forma de manejo o amonestación” [B20]

“[la podría usar] el padre que le va a prestar el carro a su hijo, y a lo mejor podría así darse cuenta... [Cómo maneja su hijo]” [B21]

Además, consideran que podría ser útil para inducir buenos hábitos de manejo a las personas que apenas están aprendiendo a conducir:

“...las personas que se dedican a dar clases de manejo pudieran utilizarlas con quienes están aprendiendo...” [A09]

Otro uso particularmente interesante, que podría propiciar el uso sostenido del Sistema Driving Habits, sería el de compartir con otros conductores la información que se recolecta. Los participantes nos explicaron que esta información puede proporcionar información que puede influenciar en su toma de decisiones –como algunos sistemas comerciales promueven (e.g. Waze³²)

“si todos van al mismo punto, a una fiesta, que los dos, de un amigo en común, [el Sistema Driving Habits permita decirle a otro usuario] no te vayas por esta calle que está bien fea o que se haga solo, que si hay un umbral de baches en una calle, que le mande un mensaje a otro [conductor] de que hay una ruta aunque sea más larga pero más cómoda” [A07]

³² <https://www.waze.com/es-419>

5.2.5. Conciencia de hábitos de manejo

Los resultados cualitativos indican que los participantes adquirieron una mejor conciencia sobre sus hábitos de manejo.

Los conductores se hicieron más conscientes de las velocidades a las que recorren la ciudad, apoyándose en el uso del mapa, y el ícono que representa la variable:

“Pues, vi más o menos a las velocidades a las que recorro la ciudad, eso me lo marcó en el mapa, estaba activo [el dispositivo móvil]..., y sí vi que tiene los cuatro cuadros que te marcan rojo, anaranjado si tienes muchos eventos” [P03]

“[¿Qué opinas de la representación de la velocidad en el mapa?] Está bien porque me da cuenta que en cuanto piso la carretera voy excediendo el límite de velocidad, no me había dado cuenta de eso” [P03]

Emplear el sistema Driving Habits ayudó al conductor a conocer en qué momento incurre en eventos de aceleración imprevistos:

“Me hizo consciente de cuando le acelero, de por sí como que el carro agarra vuelo [al bajar por una ladera] y alcanza velocidades impresionantes y no era consciente de ello” [B23]

Algunos conductores expresaron que utilizaron el Sistema Driving Habits para conocer los valores que se utilizaban con límites en el sistema, y así tener más contexto de cuándo una maniobra se considera agresiva. Estos ejercicios “a prueba y error” además les permitieron adquirir conciencia del contexto en que estas maniobras ocurren –por ejemplo, el momento como al aproximarse a un alto o a un semáforo:

“[quería probar la detección] De los altos, hice varios ejemplos con la máquina de frenar bruscamente y [para saber cuándo el Sistema Driving Habits los detecta y] cuando no y mi conclusión es que tengo que tomarme más tiempo para frenar, más que de otra cosa de los altos” [B16]

Como parte de la entrevista, se les preguntó a los conductores qué herramienta preferían utilizar para conocer sus hábitos de manejo, contrastando la Encuesta sobre Hábitos de Manejo que contestaron al iniciar el estudio y utilizar el Sistema Driving Habits (ver Figura 33)

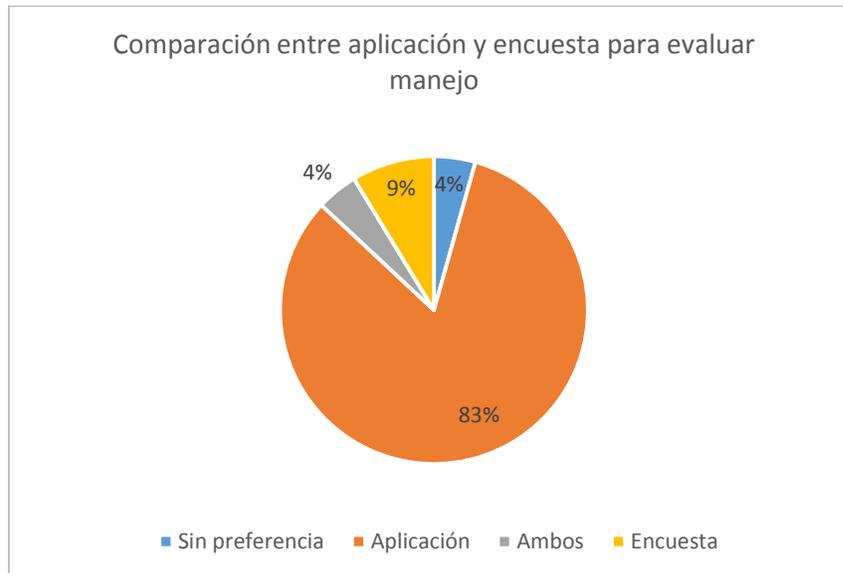


Figura 33. Comparación entre el Sistema Driving Habits y la Encuesta de Hábitos de Manejo según los conductores.

Uno de los conductores manifestó que al contestar un cuestionario, seguramente olvidaría algunos eventos y su magnitud; sin embargo, utilizar una aplicación en tiempo real le permite enfrentarse a los datos duros. A la pregunta ¿qué te permitió conocer más sobre tus hábitos de manejo, contestar la encuesta o utilizar el Sistema Driving Habits?, uno de los participantes contestó:

“yo creo que [usar] la aplicación definitivamente, porque cuando lo estás haciendo [contestar la encuesta] pon tú, como que estás lejos del campo de experimentación, entonces a lo mejor ni siquiera te acuerdas de algunos aspectos que sí haces, pero pues estás contestando aquí [usando el Sistema Driving Habits], pero, ya al volante, ahí estás, por ejemplo, a mí esto de la velocidad yo hubiera dicho pues sí, a mí a veces le piso, pues leve, de vez en cuando, pero no, la aplicación ya me dijo no, siempre le estás pisando, pues ahí, por eso...” [B23]

Uno de los participantes explicó que prefiere el cuestionario para adquirir conciencia de sus hábitos de manejo porque este revisa muchos otros hábitos además de esos cuatro que el Sistema Driving Habits monitorea. Esto da indicios de que ofrecer una detección de eventos más rica podría compensar esa diferencia de apreciación:

“[Yo prefiero] el cuestionario, sí la aplicación pues nada más te da, volantazos, frenadas, aceleradas y velocidad y la encuesta te habla de todo un poco sí, que no lo haces conscientemente, la encuesta fue un poco más específica...” [A06]

El análisis cuantitativo por su parte no indica que ésta percepción de cambio de manejo fuese significativa. Los participantes (ver Figura 34) expresaron que después de usar el sistema Driving Habits su percepción como “conductores seguros” y su percepción para “cometer errores” cambió. Hubo un incremento entre las respuestas de los participantes hacia totalmente de acuerdo de 0.368 y 0.271 puntos, respectivamente. Además, los participantes reconocieron que “su forma de conducir se afecta adversamente a causa de su estado de ánimo” (con 0.227 puntos).

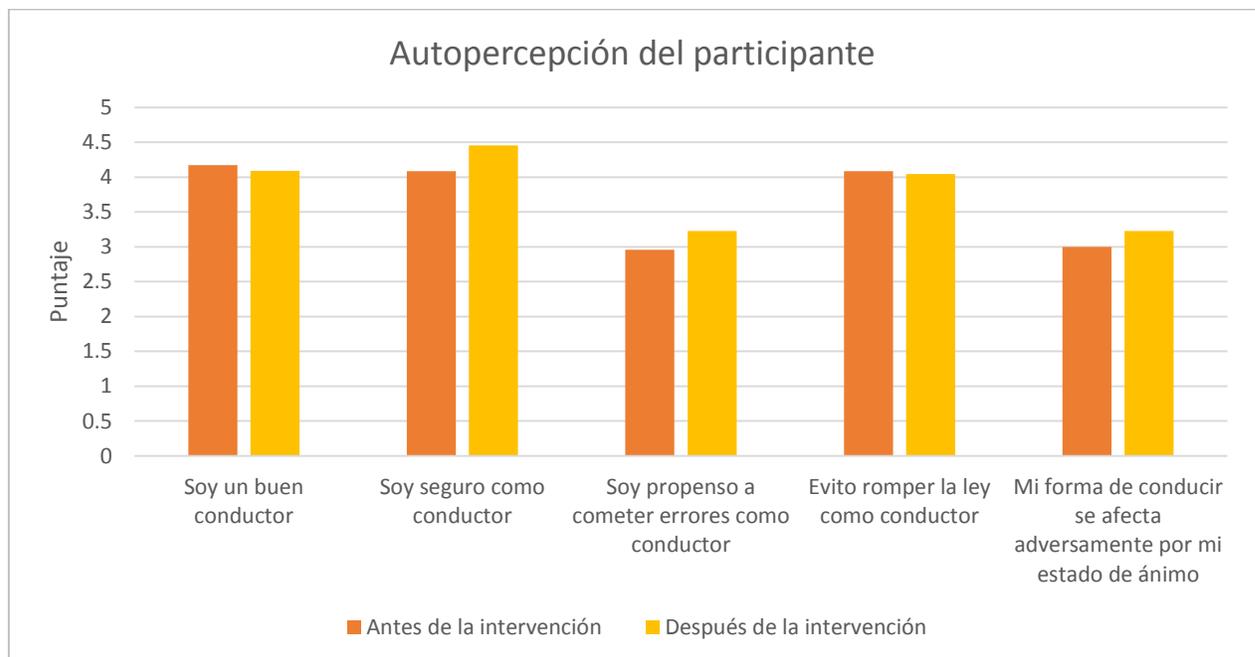


Figura 34. Comparación de la autopercepción del participante antes y después de la intervención.

Al realizar una prueba t de Student a los datos no se encontró diferencia estadísticamente significativa, lo que indica que la conciencia sobre hábitos de manejo

del conductor no se alteró. Esto es de esperarse, debido a que el período de tiempo que los participantes interactuaron con el sistema fue muy breve. No obstante, en las entrevistas ellos mismos declararon haber adquirido conciencia de su perfil de manejo, en cada uno de los hábitos que el sistema les retroalimentó.

5.2.6. Conciencia del manejo colectivo

En general el Sistema Driving Habits permitió a los conductores adquirir conciencia de su propio manejo, y además, entender patrones de manejo colectivo. Esto muestra el potencial beneficio a la sociedad de implementar campañas de sensado participativo que permitan identificar hábitos de manejo a mayor escala.

Una característica que resaltan es que el tráfico actúa de manera coordinada, y al respecto, los participantes manifiestan que cuando realizan maniobras agresivas es en consecuencia del manejo colectivo:

“ahí decía que volanteé o que pasé por un tope, o pues muy rápido, pero así vamos todos”
[A05]

Este sentido de comunidad puede resultar también un motivador para adquirir mejores hábitos de manejo y con el potencial para utilizarse como una “norma social (Schultz, Nolan, Cialdini, Goldstein, and Griskevicius, 2007)” para cambios de comportamiento.

“Me marcaba mucho del freno brusco, y era el tráfico que se detenía, era, pues sí yo lo hago mal, [entonces] todos lo hacen igual, no me sentía tan extrema en mis decisiones porque todos hacen lo mismo” [A13]

5.2.7. Entorno urbano

Además de brindar conciencia sobre el manejo colectivo, el Sistema Driving Habits permitió a los conductores conocer algunos patrones de movilidad y las condiciones de la infraestructura urbana. Nuestro estudio ejemplifica que realizar campañas de sensado

no solo beneficia a la comunidad, sino que también aporta información para planeadores y autoridades, sino para conocer mejor su propio entorno y actuar en consecuencia a las restricciones que este les impone.

Los conductores además pudieron identificar problemas asociados a la infraestructura urbana incluyendo el excesivo uso de altos de disco, y semáforos sin sincronizar. Paradójicamente, estos problemas en la infraestructura urbana pudieran ayudar a los individuos a adoptar mejores hábitos de manejo –especialmente en la zona Centro, como señala una participante:

“... y luego dices voy muy rápido pues pa que corro sí hay otro alto y luego otro alto, o sea como que también, le... le puedes picar luego al acelerador para que le suba pero no tiene caso si te vas a volver a parar, inmediatamente en la otra cuadra” [P01]

Al tiempo que se hicieron conscientes sobre el manejo colectivo, los participantes pudieron notar también cómo algunas vialidades son utilizadas de manera distinta a la que los planeadores hubieran esperado, lo que resalta la necesidad de mejores señalamientos o la creación de vialidades rápidas acordes al uso que la población les da:

“[Usar el Sistema Driving Habits me llevó] más bien a confirmar, como ciertas, ciertas calles o vialidades se usan como vía rápida en Boulevard y zona residencial” [A15]

Entre otros aspectos se hizo relevante para los conductores el trazo inadecuado de las calles, y les brindó la posibilidad de entender cómo modificar su manejo para desplazarse de forma más segura:

“De algunas vueltas que hacía recio, me las marcaba como volantazos, y por el movimiento se marcaba así... Me tocaba pasar por algunas calles, donde la curva no es de 90°, es más cerrada, y como que las agarraba recio” [B20]

Además, extender la conciencia del entorno urbano empodera al ciudadano a poder señalar problemáticas específicas a las autoridades competentes:

“Pues [me di cuenta] no sólo que hay baches, sino zonas mal reparadas, y pues vibra bastante el carro, [ahora estoy] consciente de que hay zonas mal reparadas” [A05]

5.2.8. Derecho a la privacidad

De la misma manera, a pesar de que los principios de diseño consideraron permitir al conductor decidir cuándo registrar información, algunos participantes expresaron algunas preocupaciones respecto a su privacidad:

“Al principio me preocupé de que estuviera siendo grabada o que de alguna forma supieran mi ubicación, pero como sé que es una investigación aquí de CICESE pues no, no me quitó nada” [B19]

En ese sentido es importante señalar que el éxito de una campaña de esta naturaleza dependerá del mismo modo en la confianza en que los conductores tengan de las entidades u organizaciones que pudieran conocer su información de manejo, estableciendo una diferencia entre la autoridad municipal que puede encargarse de reparar problemas de movilidad, y aquella que pudiera interesarse por el cumplimiento del reglamento de tránsito:

“lo que se me ocurrió es que si varias personas usaran esto, se darían cuenta que si los eventos de baches son muy recurrentes y soy yo, es este y este, y si son diez mil personas ,eso a fin de cuentas es información, parte de un estudio que se puede hacer llegar a las autoridades y si esta cosa se hiciera de a tiro, se darían cuenta de que los baches son un problemón, las zonas de alta velocidad vas a alta velocidad pues es la velocidad a la que va todo el tráfico, no los van a multar, a eso no le vi mucha utilidad, los limites deberían estar marcados por lo que van los carros...” [B16]

5.3. Resumen y conclusiones

En este capítulo se mostró el diseño de un estudio de evaluación, y se describieron los resultados del potencial impacto del Sistema Driving Habits en la conciencia de manejo de los conductores, y su conocimiento sobre la infraestructura urbana. Esta

información se obtuvo mediante un cuestionario sobre hábitos de manejo basado en el Car Technology Acceptance Model, y el análisis de las entrevistas y bitácoras de uso del Sistema Driving Habits.

Los resultados aquí expuestos muestran que el Sistema Driving Habits fue útil y fácil de usar para los participantes en el estudio. La evidencia de uso, muestra que el proporcionar retroalimentación continua sobre los hábitos de manejo funciona como estímulo, al mantener comprometidos a los participantes en la campaña de sensado participativo.

Además se encontró evidencia cualitativa de un cambio en la conciencia de los conductores, no solo respecto a sus hábitos de manejo, sino respecto a los hábitos de otros conductores. Los resultados indican que el sistema Driving Habits ayuda a conocer aspectos de la infraestructura urbana y patrones de movilidad, lo que evidencia que el participante adquiere un entendimiento de cómo su comportamiento contribuye al entorno urbano.

Se encontró que los participantes notaron que el Sistema Driving Habits adquiere un rol interesante en el vehículo, pues lo percibieron como un individuo más que tiene la capacidad de interactuar tanto con el conductor como con los demás pasajeros. Esto resalta las limitaciones actuales que tiene en su diseño el Sistema Driving Habits, principalmente en el modo de interacción, también abre oportunidades para investigar otros modelos de interacción basados en voz y su integración con sistemas de navegación GPS tradicionales.

Capítulo 6 Conclusiones y trabajo futuro

6.1. Conclusiones

En este trabajo de tesis se identificaron cuatro hábitos de manejo que evidencian el manejo agresivo –eventos de aceleración, enfrenado y volanteo abruptos y el exceso de velocidad. Estos hábitos pueden inferirse mediante el uso de acelerómetros y la información proveniente de la unidad de control del motor –en vehículos automotores fabricados a partir de 1996, a los que se puede acceder mediante un puerto estándar denominado OBD-II.

El permitir al conductor adquirir conciencia sobre sus hábitos de manejo sirvió para motivarlo a adherirse a una campaña de sensado participativo en la que se pudieron identificar elementos del entorno urbano, y relacionarlos con factores que desencadenan el manejo agresivo (e.g., baches, topes, tráfico).

Mediante técnicas de teoría fundamentada y de diseño contextual rápido se identificaron las prácticas del conductor dentro del vehículo y el resultado de su análisis ilustra la información que es relevante capturar para fomentar conciencia en los conductores respecto a sus hábitos de manejo. Los resultados que se obtuvieron durante el entendimiento inicial permitieron realizar el diseño general del sistema, incluyendo las características de la aplicación móvil y un conjunto de requerimientos de diseño.

En términos de la implementación del sistema, se buscó proponer una arquitectura flexible, que por una parte habilita a los usuarios para realizar campañas de sensado participativo en entornos urbanos, y también facilita utilizar la aplicación sin la intervención activa del usuario para crear campañas de sensado oportunista. Por otra parte, los algoritmos de detección del contexto se implementaron en una arquitectura basada en servicios independientes, lo que permitió incluir en una sola aplicación móvil los cuatro hábitos de manejo a diferencia de los productos disponibles al público que solo infieren algunos de esos hábitos.

En relación a la evaluación, los resultados de tres campañas de sensado participativo con 23 conductores, muestran que el sistema mejora la percepción de conciencia de manejo de los conductores, e incrementa su conocimiento del entorno urbano. Estas campañas fueron evaluadas a través de un cuestionario sobre hábitos de manejo estandarizado y el análisis tanto de entrevistas como de las bitácoras del uso del Sistema Driving Habits. Dichos resultados indican que el Sistema Driving Habits fue fácil de usar para los participantes del estudio, y se encontró evidencia cualitativa de un cambio en la conciencia del conductor respecto a sus hábitos de manejo.

Los resultados además sugieren que el incorporar estas tecnologías en los vehículos modifica la dinámica social, ya que tanto el conductor como sus pasajeros atribuyeron características antropomórficas al sistema, al considerarlo un pasajero más. Esto abre la posibilidad de extender el diseño para considerar la inclusión de otros modelos de interacción por voz, y la integración de estas tecnologías en los vehículos al incorporarse como características deseables en los sistemas de navegación GPS.

6.2. Limitaciones

En el desarrollo de este trabajo se encontraron algunas limitaciones, las cuales se describen a continuación:

- **Tamaño del dispositivo.** El Sistema Driving Habits se diseñó pensando en su uso en tabletas pero manteniendo su compatibilidad con teléfonos inteligentes de menor tamaño. Sin embargo en las pruebas piloto se determinó que la visualización no resultaba cómoda y segura para el conductor, pues requería de un mayor esfuerzo para la entrada de datos al tratarse de un despliegue en pantalla más pequeña. Por ello se consideró evaluar el Sistema Driving Habits con tabletas de 7 pulgadas, lo que redujo el número de dispositivos disponibles para realizar las campañas de sensado.
- **Modelo de interacción.** El Sistema Driving Habits emplea un sintetizador de voz para emitir los mensajes que informan al conductor sobre los eventos de manejo. Sin embargo el modelo de interacción completo por voz no se incorporó en el

diseño del Sistema Driving Habits. A la fecha, las funcionalidades que ofrece el entorno de desarrollo Android para el reconocimiento de voz están limitadas; sin embargo, Google anunció recientemente el desarrollo de un marco de trabajo especial para aplicaciones automotrices denominado Android Auto. Este marco de trabajo deberá estar disponible a finales del 2014, y entre las nuevas funcionalidades se incluye la posibilidad de contestar por voz (conversar) sin la necesidad de interactuar físicamente con el dispositivo mediante la función denominada “escucha activa”.

- **Población no generalizable.** Si bien la literatura sugiere que la población joven presenta comportamientos de manejo más agresivos que otros grupos demográficos, no se incluyeron personas menores de edad en posesión de un permiso de manejo ni de individuos de edad madura, por lo que su resultado no es generalizable a todos los conductores. El estudio en general estuvo limitado por el número de conductores que participaron, y el número de automóviles que se utilizaron durante el mismo. Sin embargo, dada la naturaleza del análisis cualitativo, nuestro objetivo era entender el por qué se presentan ciertos comportamientos al utilizar el sistema.

6.3. Aportaciones

Durante el desarrollo de este trabajo de tesis se obtuvieron las siguientes aportaciones:

- Un prototipo funcional del Sistema Driving Habits, el cual está compuesto por una aplicación para dispositivos móviles Android, un dispositivo Bluetooth ELM327 que se conecta al puerto OBD-II del vehículo, un servidor de aplicación y una consola para el administrador de campaña de sensado. El sistema Driving Habits permite a los conductores identificar sus hábitos de manejo relacionados con el perfil de manejo agresivo y a las autoridades interesadas realizar campañas de sensado participativo en el ámbito de movilidad urbana.
- Una base de datos heterogénea que incluye información de trazas de movilidad y eventos de hábitos de manejo etiquetados que puede ser utilizada en

investigaciones posteriores. Esta información se capturó mediante tres campañas de sentido participativo con la ayuda de 23 conductores en la ciudad de Ensenada, B.C.

- Evidencia cualitativa que indica que el Sistema Driving Habits mejora la conciencia de hábitos de manejo de los conductores, y los ayuda a conocer aspectos de la infraestructura urbana.
- A partir de este trabajo de tesis se presentaron los siguientes posters y publicaciones:
 - Ylizaliturri-Salcedo, M.A., Delgadillo-Rodríguez, S., García-Macías, J.A., and Tentori, M. (2013). Participatory Sensing for Improving Urban Mobility, in Proceedings of the 7th International Conference, UCAMI 2013, Carrillo, Costa Rica, December 2-6, 2013.
 - Ylizaliturri-Salcedo, M.A., S., García-Macías, J.A., and Tentori, M. (2014). Participatory Sensing for Improving Urban Mobility, (Doctoral Consortium). Fifth Workshop on Ubiquitous Computing Uniting the Californias. Tijuana, México, June 6-7, 2014.
 - Ylizaliturri-Salcedo, M.A., S., García-Macías, J.A., and Tentori, M. (2014). Participatory Sensing for Improving Urban Mobility (Poster). Fifth Workshop on Ubiquitous Computing Uniting the Californias. Tijuana, México, June 6-7, 2014.

6.4. Trabajo futuro

La evaluación del Sistema Driving Habits permitió identificar nuevas ideas y principios de diseño que servirían tanto para mejorar la experiencia de uso de esta aplicación, así como para la adquisición de datos sobre los entornos urbanos:

- Modificar la aplicación móvil para dar más importancia al mapa. Contrario a lo que se supuso en la etapa de diseño los íconos que permitían visualizar los hábitos de manejo no resultaron tan atractivos para el conductor como lo fue el mapa. Sin descartar su utilidad, estos deberían integrarse de modo transparente con el mapa.
- El servicio de mapas que se utilizó (i.e. Google Maps) depende de la disponibilidad de una conexión permanente a Internet, pues el caché de datos es volátil. En la evaluación se precargaron datos suficientes para que los conductores tuvieran a su alcance los mapas de la ciudad de Ensenada, B. C., sin embargo, al salir de la zona urbana, los mapas ya no estuvieron disponibles, por lo que elegir un servicio de mapas distinto que ofrezca un caché de datos persistente podría permitir su uso en otras ciudades.
- Incorporar mecanismos que permitan al conductor beneficiarse con la información que etiquetaron otros conductores previamente, al incorporar ayudas contextuales que apoyen la toma de decisiones durante la navegación (e.g. “si tomas esta vialidad, encontrarás baches, te recomiendo una ruta alterna”).
- Completar el modelo de interacción por voz, permitiendo al conductor etiquetar eventos mediante palabras clave (e.g., “bache”, “tope”, “tráfico”, “peatón”, etc.), e integrar interfaces de voz antropomórficas que mejoren la experiencia de uso del Sistema Driving Habits.
- Incorporar nuevos elementos de detección del contexto en el automóvil. Los resultados de la evaluación sugieren que al instalar el Sistema Driving Habits en el vehículo, este toma el rol de un pasajero adicional en el mismo. El explorar nuevos mecanismos que permitan modificar su comportamiento ante distintos escenarios (e.g. detectar la presencia de pasajeros en el vehículo) permitiría favorecer su integración como herramienta de uso cotidiano.
- Evaluar la incorporación de otras variables a la aplicación para favorecer buenos hábitos de manejo (e.g., detectar el uso del cinturón de seguridad y el uso del teléfono celular mientras se conduce).
- La elección de los algoritmos de detección de eventos para el acelerómetro se basó en la literatura sobre detección de maniobras agresivas en el manejo en estado de ebriedad, que privilegian la simplicidad de implementación, al trabajar con umbrales de detección. Sí bien se obtuvieron resultados adecuados, la

incorporación de algoritmos más robustos, como los basados en redes neuronales, máquinas de vector soporte o cadenas de Markov podría aumentar el contexto de manejo detectado (e.g., diferenciar una vuelta en u de un zigzag).

- Implementar la aplicación móvil del Sistema Driving Habits en otras plataformas distintas a Android (e.g., iOS, Windows Phone) para aumentar el número de usuarios potenciales.

Además, existen elementos que pueden considerarse como parte de una investigación a futuro:

- Realizar un estudio que permita evaluar el impacto en el comportamiento de los conductores. Si bien algunos de los participantes del estudio manifestaron haber modificado algunos de sus hábitos, es necesario realizar una investigación adicional, para determinar si el uso del Sistema Driving Habits ofrece una diferencia significativa que compruebe el cambio de comportamiento en los hábitos de manejo (e.g., la disminución de eventos de manejo agresivo).

Lista de referencias

- af Wåhlberg, a. E. (2012). Changes in driver celeration behaviour over time: Do drivers learn from collisions? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15(5), 471–479. doi:10.1016/j.trf.2012.04.002
- Barker T., I., Bashmakov, L., Bernstein, J. E., Bogner, P. R., Bosch, Dave, R., ... ZhouBarker T., I. (2007). *Technical summary (2007) Climate Change 2007: Mitigation (Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., and Alley, R. (2007). Technical summary. Retrieved from <http://ecite.utas.edu.au/50315> (p. 48). Retrieved from <http://ecite.utas.edu.au/50315>*
- Bhoraskar, R., Vankadhara, N., Raman, B., and Kulkarni, P. (2012). Wolverine: Traffic and road condition estimation using smartphone sensors. *2012 Fourth International Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS 2012)*, 1–6. doi:10.1109/COMSNETS.2012.6151382
- Burke, J. A., Estrin, D., Hansen, M., Parker, A., Ramanathan, N., Reddy, S., and Srivastava, M. B. (2006). Participatory sensing. Retrieved from <http://escholarship.org/uc/item/19h777qd>
- Calabrese, F., Colonna, M., Lovisolo, P., Parata, D., and Ratti, C. (2011). Real-Time Urban Monitoring Using Cell Phones: A Case Study in Rome. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(1), 141–151. doi:10.1109/TITS.2010.2074196
- Campbell, A. T., Eisenman, S. B., Lane, N. D., Miluzzo, E., and Peterson, R. A. (2006). People-centric urban sensing. In *Proceedings of the 2nd annual international workshop on Wireless internet - WICON '06* (p. 18–es). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/1234161.1234179
- Campbell, A. T., Eisenman, S. B., Lane, N. D., Miluzzo, E., Peterson, R. a., Lu, H., ... Ahn, G.-S. (2008). The Rise of People-Centric Sensing. *IEEE Internet Computing*, 12(4), 12–21. doi:10.1109/MIC.2008.90
- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. (3rd. ed.). Sage Publications.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. doi:10.1007/BF02310555
- Cuff, D., Hansen, M., and Kang, J. (2008). Urban sensing. *Communications of the ACM*, 51(3), 24–33. doi:10.1145/1325555.1325562

- Dai, J., Teng, J., Bai, X., Shen, Z., and Xuan, D. (2010). Mobile phone based drunk driving detection. In *Proceedings of the 4th International ICST Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. IEEE. doi:10.4108/ICST.PERVASIVEHEALTH2010.8901
- Eisenman, S. B., Miluzzo, E., Lane, N. D., Peterson, R. A., Ahn, G.-S., and Campbell, A. T. (2009). BikeNet. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 6(1), 1–39. doi:10.1145/1653760.1653766
- Eren, H., Makinist, S., Akin, E., and Yilmaz, A. (2012). Estimating driving behavior by a smartphone. In *2012 IEEE Intelligent Vehicles Symposium* (pp. 234–239). IEEE. doi:10.1109/IVS.2012.6232298
- Eriksson, J., Girod, L., Hull, B., Newton, R., Madden, S., and Balakrishnan, H. (2008). The pothole patrol. In *Proceeding of the 6th international conference on Mobile systems, applications, and services - MobiSys '08* (p. 29). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/1378600.1378605
- Fogg, B. J. (2007). *Mobile Persuasion: 20 Perspectives on the Future of Behavior Change*. Stanford Captology Media.
- Ganti, R. K., Pham, N., Ahmadi, H., Nangia, S., and Abdelzaher, T. F. (2010). GreenGPS. In *Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services - MobiSys '10* (p. 151). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/1814433.1814450
- Ganti, R., Ye, F., and Lei, H. (2011). Mobile crowdsensing: current state and future challenges. *IEEE Communications Magazine*, 49(11), 32–39. doi:10.1109/MCOM.2011.6069707
- Glaser, B. G., and Strauss, A. L. (2009). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Transaction Books.
- Goldman, J., Shilton, K., Burke, J., and Estrin, D. (2009). *Participatory Sensing: A citizen-powered approach to illuminating the patterns that shape our world. Ethics in Science and*. Retrieved from <http://lecs.cs.ucla.edu/~nithya/publications/ParticipatorySensingScenarios 9-19-08.pdf>
- Gugg, P., Steffen, A., Wittmann, M., Fink, M., Po, E., Kiss, M., ... Kamiya, H. (2006). Effects of display position of a visual in-vehicle task on simulated driving. *Applied Ergonomics*, 37(2), 187–99. doi:10.1016/j.apergo.2005.06.002
- Johnson, D. a., and Trivedi, M. M. (2011). Driving style recognition using a smartphone as a sensor platform. *2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 1609–1615. doi:10.1109/ITSC.2011.6083078

- Koukoumidis, E., Peh, L.-S., and Martonosi, M. R. (2011). SignalGuru. In *Proceedings of the 9th international conference on Mobile systems, applications, and services - MobiSys '11* (p. 127). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/1999995.2000008
- Lathia, N., Quercia, D., and Crowcroft, J. (2012). *Pervasive Computing*. (J. Kay, P. Lukowicz, H. Tokuda, P. Olivier, and A. Krüger, Eds.) *Pervasive Computing* (Vol. 7319, pp. 91–98). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-31205-2
- Likert, R. (New Y. U. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 5–55.
- López de Cózar, E., Molina Ibáñez, J. G., Chisvert Perales, M., Aragay Barbany, J. M., and Sanmartín Arce, J. (2006). Spanish Adaptation of the Driver Behaviour Questionnaire and Comparison with other European Adaptations. In *5th Conference of the International Test Commission: Psychological and educational test adaptation across languages and cultures building bridges among people*. Brusells. Retrieved from http://www.uv.es/metras/docs/2006_ITC_lopez_de_cozar.pdf
- Mohan, P., Padmanabhan, V. N., and Ramjee, R. (2008). Nericell. In *Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems - SenSys '08* (p. 323). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/1460412.1460444
- Mun, M., Boda, P., Reddy, S., Shilton, K., Yau, N., Burke, J., ... West, R. (2009). PEIR, the personal environmental impact report, as a platform for participatory sensing systems research. In *Proceedings of the 7th international conference on Mobile systems, applications, and services - Mobisys '09* (p. 55). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/1555816.1555823
- Organization World Health. (2013). WHO Global Status Report on Road Safety 2013: Supporting a Decade of Action. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:WHO+Global+status+report+on+road+safety+2013:+supporting+a+decade+of+action.#0>
- Osswald, S., Wurhofer, D., Trösterer, S., Beck, E., and Tscheligi, M. (2012). Predicting Information Technology Usage in the Car : Towards a Car Technology Acceptance Model. In *Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '12)* (pp. 51–58). ACM. doi:<http://dx.doi.org/10.1145/2390256.2390264>
- Riahi, M., Papaioannou, T. G., Trummer, I., and Aberer, K. (2013). Utility-driven data acquisition in participatory sensing. *Proceedings of the 16th International Conference on Extending Database Technology - EDBT '13*, 251. doi:10.1145/2452376.2452407

- Schultz, P. W., Nolan, J. M., Cialdini, R. B., Goldstein, N. J., and Griskevicius, V. (2007). The constructive, destructive, and reconstructive power of social norms. *Psychological Science*, 18(5), 429–34. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.01917.x
- Shilton, K. (2009). Four billion little brothers? *Communications of the ACM*, 52(11), 48. doi:10.1145/1592761.1592778
- Shilton, K. (2010). Participatory Sensing: Building Empowering Surveillance. *Surveillance & Society*, 8(2), 131–150. Retrieved from <http://library.queensu.ca/ojs/index.php/surveillance-and-society/article/view/3482>
- Tasca, L. (2000). A review of the literature on aggressive driving research. *Aggressive Driving Issues Conference*. Retrieved October 17, 2008, from <http://www.aggressive.drivers.com/papers/tasca/tasca.pdf>
- Weiser, M. (1999). The computer for the 21 st century. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 3(3), 3–11. doi:10.1145/329124.329126
- Zheng, Y., Liu, Y., Yuan, J., and Xie, X. (2011). Urban computing with taxicabs. *Proceedings of the 13th International Conference on Ubiquitous Computing - UbiComp '11*, 89. doi:10.1145/2030112.2030126

Apéndice 1 Protocolo de entrevista (Conductores y peatones)

Introducción

Esta entrevista tiene como fin recolectar datos para diseñar un sistema móvil interactivo que ayude a los ciudadanos a resolver sus problemas de transporte. Toda la información que nos proporcione será tratada de manera confidencial.

Calentamiento

Edad

Sexo

Ocupación

¿En qué nivel te situarías respecto al dominio de la tecnología? (celulares, computadora)

¿Cómo te transportas por la ciudad?

Cuerpo principal

Problemas de movilidad

- ¿Tienes algún problema de transporte?
- ¿Qué opinión tienes acerca de la vialidad en Ensenada?
- ¿En qué situaciones planeas tus rutas?
- ¿Cuáles son tus preocupaciones antes de realizar un trayecto?
- ¿Cuál es tu prioridad, tomar un camino seguro o un camino rápido?
- ¿Dispones de algún mapa o un asistente GPS para planear o realizar tus trayectos?
- ¿Si utilizas un GPS, qué es lo que te gusta y qué no de usarlo?

Compartir información

- ¿Utilizas alguna red social?
- ¿Qué te motiva compartir información en las redes sociales?
- ¿Qué clase de información compartes?
- ¿De esa información que compartes, alguna tiene que ver con problemas de movilidad?
- ¿La información que encuentras en las redes sociales te sirve o ha servido para desplazarte mejor?
- ¿Qué información te gustaría tener disponible para desplazarte mejor, y cómo quisieras recibirla?
- ¿Ayudarías a reportar cosas como robos, accidentes usando una aplicación de celular? ¿Por qué?
- ¿Ayudarías a reportar cosas como baches, obras, desviaciones usando una aplicación de celular?
¿Por qué?

Uso de la tecnología

- ¿Mientras te desplazas usas un teléfono móvil?
- ¿Su teléfono móvil cuenta con acceso a Internet (uso de Wi-Fi, plan de datos)?
- ¿Su teléfono móvil puede ejecutar aplicaciones?
- ¿Qué sistema operativo o plataforma utilizas? (Windows phone, Android, iOS, Blackberry, Symbian, otra...)

Enfriamiento

¿Cómo, cuándo, dónde y porqué te conectas? ¿Algo que desees agregar?

Cierre

Apéndice 2 Protocolo de entrevista (Policía)

Introducción

Esta entrevista tiene como fin recolectar datos para diseñar un sistema móvil interactivo que ayude a los ciudadanos a resolver sus problemas de transporte. Toda la información que nos proporcione será tratada de manera confidencial.

Calentamiento

¿Nos puede relatar un día típico en su trabajo?

Cuerpo principal

Problemas de movilidad

- ¿Qué opinión tiene acerca de la vialidad en Ensenada?
- ¿Cuáles son las prioridades del departamento de tránsito respecto a movilidad en la ciudad?
- ¿Qué eventos pueden provocar problemas de movilidad?
- ¿Cómo enfrentan esos problemas?
- ¿Cómo se difunden los cambios de circulación?
- ¿Cómo afectan los problemas de bacheo a la circulación?
- ¿Existen problemas de seguridad que se consideren importantes para el tránsito en la ciudad?
- ¿Qué zonas son las más conflictivas?, ¿Debido a qué?

Compartir información

- ¿A quiénes les reportan los problemas de movilidad?
- ¿Qué beneficios habría si los ciudadanos compartieran información sobre tránsito en la ciudad?
- ¿Se emplea alguna red social o medio electrónico para difundir eventos de tránsito?
- ¿Estarían dispuestos a compartir información sobre seguridad a la ciudadanía?
- ¿Realizan reportes sobre seguridad por zonas?
- ¿Reportan problemas de bacheo al ayuntamiento?

Uso de la tecnología

- ¿Cuándo está trabajando usa su teléfono móvil?
- ¿Su teléfono móvil cuenta con acceso a Internet?
- ¿Emplea un servicio de datos o red WiFi para acceder a Internet en su móvil?
- ¿Su teléfono móvil puede ejecutar aplicaciones?

Enfriamiento

Cierre

Apéndice 3 Protocolo de Entrevista a Conductores

INTRODUCCIÓN

Esta entrevista tiene como propósito recolectar datos para el diseño de un sistema móvil interactivo que apoyará a los individuos a resolver problemas de transporte. Toda la información que me sea proporcionada será tratada de forma confidencial y anónima. No se desea juzgar su comportamiento como conductor, sino entender lo que ocurre en el vehículo de una persona típica, por lo que le rogamos sea lo más detallado en sus respuestas.

DATOS DEMOGRÁFICOS

Edad

Ocupación

ANTECEDENTES EN EL MANEJO

(Se desea conocer la destreza que tiene en el manejo y que tan formal fue su aprendizaje, además de servir como rompe-hielo)

¿Cuántos años tiene manejando?

¿Quién le enseñó a manejar?

Si responde -> ¿Cómo aprendió a manejar?

CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO

(Se quiere conocer cuáles son las características de los vehículos en que podría utilizarse la aplicación)

¿Qué vehículo(s) maneja de forma habitual?

Describa el vehículo que maneja habitualmente (características que resalta)

(Si se describe la cabina del vehículo saltar pregunta en la sección siguiente)

¿Por qué se eligió ese vehículo?

¿Qué ventajas encuentra en ese vehículo?

¿Qué aspectos de comodidad podría resaltar del vehículo?

¿Qué desventajas encuentra en ese vehículo?

PRÁCTICAS EN LA CABINA DEL VEHÍCULO

(Se busca entender cómo es el espacio en que se ubica el conductor y cuáles son los hábitos del conductor)

Describame por favor la cabina de su vehículo

¿Qué lugares tiene disponibles para colocar objetos?

¿Cuál es la rutina que sigue al subir al vehículo?

Cinturón de seguridad (conocer si se siente protegido con su uso, cuáles son sus preocupaciones)

¿Usa el cinturón de seguridad?

¿Qué siente cuando se pone el cinturón?

¿Llega a manejar sin él, en qué circunstancias maneja sin el cinturón?

¿Se fija si sus acompañantes lo usan?

Artefactos utilizados (conocer que objetos se llevan a bordo, esto es útil puesto que deberá llevar un teléfono móvil consigo en la investigación posterior)

¿Qué artículos lleva con usted cuando maneja?

¿Dónde los coloca?

¿Qué tan frecuentemente los utiliza?

¿Requiere de asistencia cuando los utiliza? (que alguien los manipule por usted)

¿Por qué los utiliza?

Uso del teléfono celular

¿Lleva un teléfono celular cuando maneja? (sí no listo el teléfono en la lista de artículos)

Sí lleva un celular:

¿Qué artículos relacionados al teléfono celular lleva en su vehículo?

- ¿Dónde coloca el teléfono celular mientras maneja?
- ¿Cómo maneja cuándo llega a manipular el teléfono?
- ¿Lleva en el vehículo algún cargador para su teléfono celular?
- ¿Ha hecho alguna llamada mientras maneja?
 - Sí realiza llamadas
 - ¿Cómo marca la llamada?
 - ¿Puede describirme la última llamada que hizo desde su teléfono mientras conducía?
- ¿Ha recibido alguna llamada mientras maneja?
 - Sí ha recibido llamadas
 - ¿Cómo se da cuenta que le están llamando?
 - ¿Cómo contesta la llamada?
 - ¿Cómo sostiene el teléfono?
- ¿Ha utilizado el marcado por voz?
 - Si ha utilizado el marcado por voz
 - ¿Qué opinión tiene del marcado por voz?
- ¿Ha enviado algún mensaje de texto mientras maneja?
 - Si ha enviado mensajes de texto
 - ¿Cómo sostiene el teléfono?
 - ¿Cómo escribe el mensaje?
- ¿Ha recibido algún mensaje de texto mientras maneja?
 - Si ha recibido mensajes de texto
 - ¿Ha leído el mensaje?
 - Si leyó el mensaje
 - ¿Cómo leyó el mensaje?
- ¿Qué otras interacciones tiene con su teléfono mientras maneja?
 - Si hay otras interacciones
 - ¿Por qué requirió utilizar esa interacción?
 - ¿Cómo manipula el teléfono en esas circunstancias?

PERSONALIDAD EN EL MANEJO

(Se busca conocer el lado emocional del conductor, esta información puede proveer de insights de diseño interesantes, pues se puede relacionar con la motivación para usar una aplicación de sentido participativo)

- ¿Cómo definiría su estilo de manejo?
- ¿Qué emociones le provoca manejar?
 - Describe las emociones positivas que manejar le provoca
 - ¿Cómo enfrenta esas emociones positivas?
 - Describe las emociones negativas que manejar le provoca
 - ¿Cómo enfrenta las emociones negativas?
- ¿Existe algún efecto en su persona que usted perciba causado por manejar?
 - Si existe algún efecto
 - ¿Puede describirlo?
 - ¿Cómo lo enfrenta?
- ¿Qué tipos de traslados realiza en su vehículo?
- ¿Cuánto tiempo pasa al volante diariamente?
- ¿Tiene alguna ruta definida?
 - No hay rutas definidas
 - ¿Cómo planea sus viajes?
 - ¿Qué herramientas utiliza al momento de planear sus viajes?

ALIMENTOS, ALCOHOL, TABACO

(Se quiere saber si el conductor consume alimentos, bebidas o tabaco para compensar el cansancio, estrés o enfrentar trayectos largos y conocer su conciencia del riesgo)

- ¿Qué consume mientras maneja?
- ¿Cómo y cuándo lo consume?
- ¿Qué evita consumir cuando maneja?
- ¿Ha manejado cansado?
 - Si ha manejado cansado
 - ¿Por qué ocurrió?
- ¿Cómo descansa cuando maneja?
 - Si descansa
 - ¿Qué tan frecuentes son esos descansos?
- ¿Ha manejado bajo el influjo de alcohol u otra sustancia?
 - Si ha manejado con alcohol
 - ¿Por qué ocurrió?
- ¿Usted qué opina de la frase “cuando he tomado alcohol manejo mejor porque estoy consciente de ello y soy más cuidadoso”?

REPARACIONES

(Se quiere saber cuáles son los problemas típicos a los que se enfrenta el conductor, y como los resuelve, sí el asistirlo en los mantenimientos podría ser una motivación de uso de la aplicación)

- ¿Qué reparaciones menores ha realizado?
 - Si ha realizado alguna reparación
 - ¿Sabía cómo hacerlas?
- ¿Cómo se realizan los mantenimientos a su vehículo?
- ¿Conoce si se sigue el plan recomendado por el fabricante para los mantenimientos?

PROBLEMÁTICA URBANA

(Identificar problemática y disposición a usar la aplicación de sentido participativo)

- ¿Qué opinión tiene de la calidad de las vialidades?
- ¿De qué manera estaría dispuesto a colaborar para mejorar la calidad de las vialidades?
- ¿Ha tenido algún incidente relacionado con la calidad de las vialidades?
- ¿Qué percepción tiene sobre la autoridad de tránsito?
- ¿Qué problema de manejo cree que podría resolverse con una aplicación y aún no está atendido?

CIERRE

Agradezco el tiempo, la confianza y la paciencia que me ha otorgado para contestar estas preguntas. ¿Existe algún comentario que deseé agregar?

Apéndice 4 Protocolo de Encuesta de Entrada

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

ESTUDIO SOBRE MOVILIDAD URBANA

Encuesta de Entrada

Aún los mejores conductores comenten errores o violaciones a los reglamentos de tránsito en algún momento. Varias de ellas son triviales, pero otras son potencialmente más peligrosas. Esta encuesta busca conocer la percepción de los conductores acerca de sus hábitos de manejo.

El cuestionario es simple. Propone una serie de errores o violaciones que las personas habrán experimentado al conducir. Para cada pregunta indica que tan frecuentemente te ha ocurrido, en el último año. Naturalmente es imposible dar respuestas precisas, por lo que solamente esperamos conocer tus impresiones generales.

Tus respuestas serán tratadas de manera anónima y con la mayor confidencialidad. Por favor contesta las preguntas tan rápido como puedas, marcando la opción que consideres apropiada. Al terminar, revisa tus respuestas. Por favor responde de la manera más honesta posible.

1. Nombre

2. ¿Cuál es tu rango de edad?

[] 16 a 18 años

[] 18 a 25 años

[] 26 a 35 años

[] 36 a 45 años

[] 46 a 55 años

[] 56 a 65 años

[] Más de 65 años

3. Sexo

[] Masculino

[] Femenino

4. ¿Cuántos kilómetros estimas recorres anualmente?

[] Menos de 5,000 km

[] De 5,000 a 10,000 km

[] De 10,000 a 15,000 km

[] De 15,000 a 20,000 km

[] De 20,000 a 25,000 km

[] Más de 25,000 km

5. ¿Cuántos kilómetros estimas hay de tu casa al trabajo o escuela?

[] De 1 a 5 km

[] De 5 a 10 km

[] De 10 a 15 km

[] De 15 a 20 km

[] Más de 20 km

Hábitos de manejo

A continuación se presentan distintas situaciones. Indica la opción que consideres describe tu manejo en el último año.

	Nunca	Casi nunca	Ocasionalmente	Frecuentemente	Siempre
Acelerar bruscamente a la salida de un semáforo con la intención de ganarles a otros conductores.					
Ir a más velocidad de la permitida a altas horas de la noche.					
No calcular correctamente la distancia y velocidad del vehículo que viene de frente al rebasar.					
Circular tan cerca del vehículo de adelante que puede resultar difícil evitar una colisión en caso de una frenada de emergencia.					
Encender sin querer las intermitentes en vez del limpia-parabrisas o viceversa.					
Enfadarse con un conductor y mostrarle su enojo por el medio que sea, por ejemplo, con gestos agresivos.					
Pasarse una salida en una autopista y verse obligado a dar una vuelta larga.					
Engancharse y jugar carreras con otros conductores.					
No hacer caso de los límites de velocidad en la autopista.					
Ir sacando el auto en una intersección hasta que el conductor que viene y tiene preferencia no tiene más remedio que parar y dejarle pasar.					
No darse cuenta de la presencia de nuevas señales de tráfico en una vía por la que se conduce habitualmente.					
Al conducir marcha atrás, golpear contra algo que no se había visto.					
Hacer un cambio de sentido pisando una línea continua o en otro sitio en que no está permitido.					
Intentar rebasar a un vehículo sin darse cuenta de que éste estaba señalizando su intención de girar a la izquierda.					

	Nunca	Casi nunca	Ocasionalmente	Frecuentemente	Siempre
No darse cuenta de la presencia de peatones cruzando, al girar hacia una calle desde una vía principal.					
Enfadado por la acción de otro conductor, perseguirle con la intención de mostrarle su enfado.					
Pasar por alto los límites de velocidad a fin de seguir el flujo del tráfico.					
Dándose cuenta que de que el carril por el que circula desaparece y se junta con otro, no cambiar de carril hasta el último momento.					
No mirar el retrovisor al incorporarse a la circulación, cambiar de carril, etc.					
Equivocarse de salida en una rotonda por no haber prestado la atención debida a la señalización.					
Teniendo como objetivo dirigirse a un destino determinado, darse cuenta de repente que se está dirigiendo a otro destino que es más habitual para conducir.					
Tener manía hacia un tipo particular de usuario de la vía y ponerle de manifiesto su antipatía u hostilidad del modo que sea.					
Pegarse mucho al vehículo de adelante para indicarle que vaya más rápido o se aparte.					
Olvidar dónde se ha dejado el vehículo en un estacionamiento.					
Salir de un semáforo que se ha puesto en verde y darse cuenta de repente que se lleva una marcha que no es la apropiada (ej. tercera).					
Circular superando los límites de velocidad en una zona residencial.					
Pensando en otras cosas, entrar en una rotonda circulando por un carril inadecuado teniendo en cuenta la salida que se debería tomar.					
En una cola de vehículos que están girando a la derecha para incorporarse a una calle principal, estar tan pendiente de los vehículos que se aproximan por la izquierda que casi se colisiona con el de adelante.					

	Nunca	Casi nunca	Ocasionalmente	Frecuentemente	Siempre
Después de conducir durante un rato, darse cuenta que no tiene claro el recuerdo del camino recorrido y lo que ha sucedido durante él.					
Tocar el claxon para expresar su enfado hacia otro usuario de la vialidad.					
Al realizar un giro estar a punto de colisionar con una bicicleta que ha aparecido a nuestro lado.					
No ver una señal de "Ceda el paso" y estar a punto de colisionar con otro vehículo que tenía la preferencia.					
Cruzar una intersección a pesar de haber visto que el semáforo se ha cambiado a rojo.					
Conducir aun sabiendo que puede estarse por encima del límite legal de alcohol en la sangre.					
Frenar fuertemente en un camino resbaloso o volantear por el acotamiento.					
Pasar a un conductor lento por el lado derecho.					

¿Qué tan de acuerdo estas con las siguientes aseveraciones?

	Totalmente en desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
Soy un buen conductor					
Soy seguro como conductor					
Soy propenso a tener errores como conductor					
Evito romper la ley como conductor					
Mi forma de conducir se afecta adversamente por mi estado de ánimo					

Apéndice 5 Documento de Consentimiento del Participante

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR COMO SUJETO DE INVESTIGACION

Documento de consentimiento del participante

Se le solicita su autorización y consentimiento para participar en el estudio de investigación. La participación en este estudio es completamente voluntaria. Por favor lea la siguiente información y siéntase libre de preguntar cualquier cosa que no entienda antes de decidir si desea participar. Los investigadores citados a continuación responderán sus preguntas.

EQUIPO DE INVESTIGACION

Investigadores:

Miguel Ylizaliturri - mylizali@cicese.edu.mx

Mónica Tentori - mtentori@cicese.mx

J. Antonio García Macías - jagm@cicese.mx

Departamento de Ciencias de la Computación, CICESE

PROPÓSITO DEL ESTUDIO

El propósito del estudio de investigación es evaluar el uso del sistema interactivo *Driving Habits*, el cual proporciona retroalimentación sobre los hábitos de manejo de conductores de automóviles en la ciudad de Ensenada, B. C.

El sistema interactivo *Driving Habits* requiere de utilizar tecnologías en su vehículo:

1. Aplicación para dispositivos móviles con Android (tableta o Smartphone). Si usted ya cuenta con un dispositivo móvil Android se evaluará la compatibilidad de la aplicación con su dispositivo y se le instalará. En caso de que no posea un dispositivo móvil Android, o su dispositivo no sea compatible con la tecnología a evaluar, los investigadores le facilitarán en calidad de préstamo uno que deberá emplearse de modo exclusivo para los fines del estudio.
2. Un dispositivo electrónico, que será empleado para consultar a la computadora de su automóvil (interfaz ELM327). Este dispositivo se conecta al puerto que en su taller mecánico se utiliza para realizar los diagnósticos sobre el estado de su vehículo durante sus servicios preventivos, y se comunica mediante Bluetooth con el dispositivo móvil con Android. Los investigadores le facilitarán este dispositivo en calidad de préstamo durante su participación en el estudio.



Figura 35 Tableta Android con la aplicación móvil funcionando



Figura 36 Interfaz ELM327

La aplicación móvil del sistema *Driving Habits* coleccionará datos de ubicación (empleando el sensor GPS que incluye el dispositivo Android) mientras usted conduce para adquirir información sobre el tráfico en la ciudad. Al mismo tiempo, utilizando un acelerómetro (un sensor de movimiento que incluye el dispositivo Android, y que permite a este, por ejemplo, notar que giro la pantalla) nos permitirá conocer sobre sus hábitos de manejo. Cuando usted incurra en alguna maniobra agresiva, el sistema *Driving Habits* le informará al respecto para hacerlo consciente de su forma de manejar, y le pedirá que brinde información adicional sobre las causas de dicha maniobra, mediante mensajes de voz y la pantalla táctil

La información coleccionada será almacenada en el dispositivo y enviada a los investigadores cuando una conexión WiFi esté disponible.

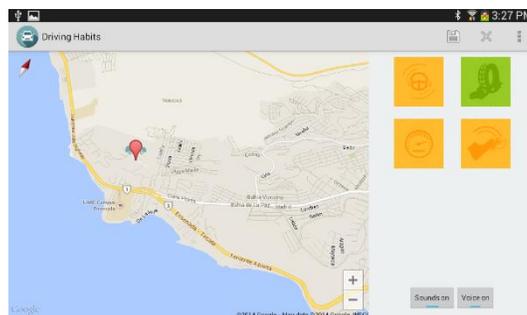


Figura 37 Pantalla principal de la aplicación móvil

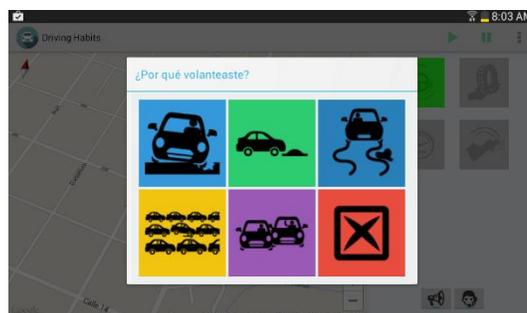


Figura 38 Pantalla que solicita información adicional sobre las maniobras de manejo en la aplicación móvil

TEMAS

Requerimientos

Usted es elegible para participar en este estudio si reúne las siguientes condiciones:

- Ha contestado la encuesta de preselección.
- Tiene más de un año como conductor.
- Tiene licencia de manejo vigente.
- Su automóvil se encuentra en buenas condiciones mecánicas.
- Acepta que se realice la instalación del sistema en su vehículo.

PROCEDIMIENTOS

El procedimiento del estudio se compone de dos fases: instalación del sistema e intervención.

- **Instalación del sistema.** Es necesario que permita al equipo de investigación evaluar las características de su vehículo en una revisión técnica. En caso de que su vehículo no satisfaga las características requeridas para participar en el estudio será informado de ello. Se instalará el dispositivo electrónico ELM327 en su vehículo (mismo que no deberá ser removido hasta el fin de su participación en el estudio) y se verificará el mejor sitio disponible para el montaje del dispositivo móvil Android. Finalmente se le brindará instrucción sobre el uso del sistema interactivo *Driving Habits*.
- **Intervención.** Durante los 7 días siguientes a la instalación, usted deberá utilizar el sistema *Driving Habits* mientras conduce. El sistema recopilará información relevante para el adecuado funcionamiento de *Driving Habits* incluyendo: su localización y la velocidad del vehículo mientras conduce, eventos representativos respecto a sus hábitos de manejo e información contextual que le será solicitada mediante el sistema interactivo *Driving Habits*.

Entrevistas y encuestas

Usted deberá responder a dos entrevistas y sus correspondientes encuestas; una al momento de la instalación del sistema y otra más al finalizar la intervención.

Información recopilada

La información recopilada acerca de su conducción será estrictamente confidencial, únicamente se utilizará para el análisis de sus recorridos y como referencia en publicaciones sobre el estudio, protegiendo en todo momento su identidad. Con esta información se evaluará el sistema para concluir si el uso de esta tecnología impactó su conciencia sobre hábitos de manejo y apoya a sus habilidades de conducción. También se evaluará si la información que se capture con el sistema puede apoyar en la toma de decisiones y planeación urbana de la ciudad de Ensenada.

Como parte de la investigación se capturarán fotos y videos. Algunas veces se optará por tomar video, dichas grabaciones se utilizarán de tal forma que usted no sea identificable.

BENEFICIOS

Beneficios de la Investigación

Los beneficios potenciales para los conductores que participen en el estudio pueden incluir un incremento de su conciencia respecto a sus hábitos de manejo.

Beneficios a Otros y a la Sociedad

Esperamos que lo que aprendamos aquí ayudará a los investigadores a crear tecnología especializada para promover la adopción de mejores hábitos de manejo, y obtener información sobre el estado de las vialidades. Esta tecnología tiene el potencial para mejorar la calidad de vida de esta comunidad.

COMPENSACIÓN

Compensación por la Participación

Ni usted ni ningún participante del estudio recibirá alguna retribución económica por su participación en este estudio. Sin embargo, se ha ofrecido la oportunidad de ganar uno de los dos certificados de regalo disponibles por un valor de 200 y 100 dólares respectivamente.

El criterio para determinar a los ganadores se informará una vez que termine la recolección de datos para evitar influir en los resultados del estudio de investigación. Al participar en el estudio en las condiciones que los investigadores le instruyan gozará de la misma probabilidad de recibir uno de los dos certificados de regalo disponibles que el resto de los participantes en el estudio y usted acepta que la decisión final que los investigadores comuniquen a los participantes será indiscutible e irrevocable.

TERMINACIÓN DEL ESTUDIO Y CONSECUENCIAS

Usted es libre de dejar el estudio en cualquier momento. **Si decide dejar el estudio deberá avisar al equipo de investigación inmediatamente, y regresar el equipo que se le prestó para el estudio.**

CONFIDENCIALIDAD

Identificación de los datos

Los datos de geolocalización que la aplicación colecte serán mantenidos en estricto orden confidencial. Únicamente el equipo de investigación tendrá acceso a ellos. Esta información formará parte de una base de datos en la que no se incluirá su nombre u otra información que

revele su identidad. Los datos de geolocalización tendrán un uso estricto confidencial, y únicamente con su permiso explícito posiblemente serán compartidos en un futuro con investigadores en esta área.

Nos gustaría audio-grabar y/o video-grabar las entrevistas que le realicemos. Dichas grabaciones serán manejadas por el equipo de investigación en estricto orden confidencial. Únicamente el equipo de investigación tendrá acceso a estos datos. Nosotros transcribiremos las grabaciones eliminando su nombre y cualquier información que revele su identidad. Durante las sesiones se tomarán algunas fotos. Las grabaciones y las fotos tendrán un uso estricto confidencial, y únicamente con su permiso explícito posiblemente serán compartidas en un futuro con investigadores en esta área.

Acceso a Datos

Para proteger su seguridad y bienestar el equipo de investigación es el único que tiene la autorización de acceso a los datos, según los términos de confidencialidad mencionados. Cualquier información derivada de este proyecto de investigación que muestre su identidad no será voluntariamente revelada por el equipo (que tendrá acceso a los datos) sin su consentimiento explícito. Publicaciones y/o presentaciones que resulten de esta investigación no incluirán información que revele su identidad sin su consentimiento explícito.

Retención de los datos

El equipo de investigación mantendrá los datos que resulten de la investigación. Otros investigadores pueden tener acceso a los datos para futuras investigaciones.

Permiso para compartir datos con la audiencia en esta área

Pensando en los beneficios a esta comunidad, al equipo de investigación probablemente en un futuro le gustaría compartir los datos de geolocalización, algunas fotos y/o videos captados durante el estudio con la audiencia de investigadores en esta área. Por favor indique a continuación si da su permiso para:

- Compartir datos de geolocalización. ___ Sí ___ No _____ Sus iniciales
- Compartir las fotos y videos. ___ Sí ___ No _____ Sus iniciales
- Compartir las fotos únicamente. ___ Sí ___ No _____ Sus iniciales
- Compartir los videos únicamente. ___ Sí ___ No _____ Sus iniciales

LIMITACIÓN DE LA RESPONSABILIDAD

Al participar en el estudio, acepta la responsabilidad por el uso y custodia de la tecnología en su vehículo. Ni los investigadores ni el CICESE serán responsables en caso de incidentes de tráfico, infracciones, o choques que pudieran suscitarse durante su participación en el estudio. El sentido común siempre debe prevalecer, de modo que usted deberá limitar las condiciones de uso del sistema interactivo *Driving Habits* de forma que usted se considere seguro. Usted será responsable por el buen uso de los dispositivos que los investigadores faciliten en calidad de préstamo. Al dar por concluida su participación en el estudio deberá regresar el equipo que se le prestó para el estudio.

DUDAS O COMENTARIOS

Si tiene comentarios, dudas, preocupaciones con respecto a la forma en la que se llevará a cabo la investigación, por favor contacte al equipo de investigación listado al inicio del presente documento.

ACUERDO DE PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

Usted no debería firmar este documento a menos que lo haya leído. La participación en este estudio es voluntaria. Usted puede negarse a contestar cualquier pregunta o suspender su participación en cualquier momento sin sanciones ni pérdida de beneficios a los que tiene derecho. Su decisión no afectará su relación futura con el CICESE. Su firma indica que usted ha leído la información en este documento de consentimiento y ha tenido la oportunidad de hacer cualquier pregunta que tenga sobre el estudio.

Estoy de acuerdo de participar en el estudio.

- Permitiendo la instalación en mi vehículo de la tecnología a evaluar**
- Permitiendo registrar datos de geolocalización**
- Permitiendo audio-grabación y video-grabación**
- Permitiendo solo audio-grabación**
- Permitiendo solo video-grabación**
- Permitiendo tomar fotografías**

Nombre y Firma del Participante

Fecha

Nombre y Firma del Investigador

Fecha

Apéndice 6 Protocolo de Encuesta de Aceptación y Uso del Sistema Driving Habits

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

ESTUDIO SOBRE MOVILIDAD URBANA

Encuesta sobre el uso del Sistema Driving Habits

Agradecemos tu tiempo y participación en el estudio. Una vez que has utilizado el sistema Driving Habits durante una semana, quisiéramos conocer tu opinión al respecto. El cuestionario es simple. Propone una serie de aseveraciones, con las que puedes estar en desacuerdo o acuerdo. Tus respuestas serán tratadas de manera anónima y con la mayor confidencialidad. Por favor contesta las preguntas tan rápido como puedas, marcando la opción que consideres apropiada. Al terminar, revisa tus respuestas. Por favor responde de la manera más honesta posible.

	Totalmente en desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
6. El sistema podría ser útil al manejar.					
7. Usar el sistema me permite lograr mis objetivos más rápidamente.					
8. Usar el sistema mejora mi desempeño como conductor					
9. Si yo utilizase el sistema llegaría a mi destino de forma segura.					
10. Mi interacción con el sistema debería ser clara y entendible.					

	Totalmente en desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
11. Podría ser fácil para mí volverme hábil en usar el sistema.					
12. Encuentro al sistema fácil de usar.					
13. Aprender como operar el sistema es fácil para mí.					
14. Usar el sistema es una buena idea.					
15. El sistema hace que conducir sea más interesante.					

	Totalmente en desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
16. Interactuar con el sistema podría ser divertido.					
17. Me gustaría interactuar con el sistema.					
18. Me gustaría mostrar el sistema a mis conocidos.					

19. Las personas de quienes valoro su opinión querrían usar el sistema también.					
20. Mis pasajeros encuentran útil el sistema.					

	Totalmente en desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
21. En general, recomendaría a mis conocidos usar el sistema.					
22. Al usar el sistema puedo mantener mi manejo seguro.					
23. Tengo el conocimiento necesario para usar el sistema.					
24. El sistema es compatible con otros sistemas que uso.					
25. Debería haber alguien a quien pueda pedir asistencia respecto a las dificultades del sistema.					

	Totalmente en desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
26. Yo podría completar una tarea o actividad usando el sistema si no hay nadie que me diga que hacer.					
27. Yo podría completar una tarea o actividad usando el sistema si pudiera llamar a alguien para pedir ayuda si tengo dificultad.					
28. Yo podría completar una tarea o actividad usando el sistema si tuviera mucho tiempo.					
29. Yo podría completar una tarea o actividad usando el sistema si tuviera opciones de ayuda incorporadas para asistencia.					

	Totalmente en desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
30. Tengo preocupaciones sobre usar el sistema.					
31. Pienso que podría tener un accidente por usar el sistema.					
32. El sistema me incomoda.					
33. Temo no poder llegar a mi destino por el sistema.					
34. Temo no entender el sistema.					
35. Siento que el sistema no afecta mi conducción.					

	Totalmente en desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
36. Asumiendo que tuviera acceso al sistema, tendría intención de usarlo.					
37. Si tuviera acceso al sistema, seguramente lo usaría.					
38. Si el sistema estuviera disponible planearía utilizarlo los meses siguientes.					
39. Creo que usar el sistema es peligroso.					

	Totalmente en desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
40. Usar el sistema requiere de poner más atención					
41. El sistema me distrae al conducir.					
42. Me siento seguro usando el sistema.					
43. Usar el sistema disminuye el riesgo de accidentes.					
44. Puedo usar el sistema sin tener que verlo.					

¡Gracias por tus respuestas!

Ahora corresponde el momento de retirar la tecnología de tu vehículo. Al hacerlo te haremos una última entrevista breve donde podrás compartir tus comentarios sobre el uso de del sistema.

Apéndice 7 Protocolo de Entrevista para la Evaluación del Sistema Driving Habits

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA**

ESTUDIO SOBRE MOVILIDAD URBANA

Protocolo de Entrevista de Salida

Esta entrevista termina tu participación en el estudio sobre movilidad urbana y complementa la encuesta que acabas de contestar. Estas últimas preguntas tienen la intención de conocer tus impresiones generales sobre el uso del sistema y tu experiencia de uso. Tus respuestas serán tratadas de manera anónima y con la mayor confidencialidad. Por favor responde de la manera más honesta posible.

Adopción de la tecnología

1. ¿Qué fue lo que más te gustó de usar el sistema?
2. ¿Qué fue lo que más te disgustó de usar el sistema?
3. ¿Qué modificarías en la aplicación móvil? (visualización, sonidos, mensajes, otro)
4. ¿Para qué y cómo usaste el sistema?
5. ¿Qué otros usos potenciales encuentras?
6. ¿Qué fue lo que más te preocupó respecto a utilizar el sistema? (si no menciona, inducir hablar sobre riesgos)
7. ¿Qué riesgos encontraste de usar el sistema?
8. ¿En qué condiciones estarías dispuesto a seguir utilizando el sistema?

Conciencia de hábitos de manejo

9. ¿Habías evaluado tu manejo antes de participar en el estudio?
10. ¿Consideras haber adquirido conciencia sobre tus hábitos de manejo al participar en el estudio?
11. ¿Qué actividad te hizo estar más consciente de tus hábitos de manejo? ¿Por qué?
(Encuesta de entrada, Uso del sistema, Ninguno)

Persuasión /cambio en hábitos de manejo

12. ¿Qué impacto tuvo en tu manejo el uso del sistema?
13. ¿Qué cambios positivos en tu manejo notaste al usar el sistema?
14. ¿Qué cambios negativos en tu manejo notaste al usar el sistema?

Percepción de los aspectos de movilidad urbana

15. ¿Qué impacto tuvo en tu percepción de la movilidad en Ensenada usar el sistema?
16. ¿Qué aspectos de movilidad se hicieron notorios para ti al usar el sistema?
17. ¿Qué aspectos de movilidad urbana crees que podrían mejorar al usar el sistema?