

Capítulo 1: Desafíos de Usabilidad de Aplicaciones Nómadas en el Automóvil

Carlos Carvajal¹, Huizilopoztli Luna-García², Andrés Rodríguez³, Alejandro Fernández⁴

^{1,3} Centro de Investigación LIFIA, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

Email: carlos.carvajall@info.unlp.edu.ar

² Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

Email: hlugar@uaz.edu.mx

⁴ CICPBA, F.I., Centro de Investigación LIFIA, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

Email: {andres.rodriguez; alejandro.fernandez}@lifia.info.unlp.edu.ar

Resumen

Investigadores de la Interacción Humano-Computador han trabajado durante décadas definiendo métodos y técnicas para evaluar la demanda de atención de los sistemas de información en el vehículo (IVIS). La mayoría de métodos requieren entornos de prueba costosos y personal altamente capacitado para su implementación. En el ámbito de los ecosistemas de aplicaciones móviles (también conocidos como «apps»), existen pautas y programas de certificación. Las aplicaciones deben pasarlas para que se consideren sistemas preparados para el entorno automotriz. Sin embargo, entrar en la categoría de aplicaciones certificadas no garantiza el pleno cumplimiento de los criterios establecidos por los métodos formales aceptados por la industria automotriz y estándares internacionales. Además, numerosos estudios muestran el alto riesgo de utilizar IVIS durante la conducción, lo que lleva a considerar que los actuales enfoques predominantes para evaluar las demandas de atención de las aplicaciones de automoción y como guía para el diseño de IVIS no son suficientes. Los métodos costo-

beneficio eficientes aplicables en las primeras fases de desarrollo de aplicaciones, así como las interfaces adaptables al contexto, tienen el potencial de contribuir a la mejora de los entornos de conducción seguros.

Palabras claves: IVIS, atención del conductor, métodos empíricos, demanda visual, demanda cognitiva, técnicas analíticas.

1. Introducción

Un sistema de información en el dominio automotriz se entiende como una aplicación que procesa datos del vehículo y otras fuentes para proporcionar información valiosa y relevante para el conductor y otras partes interesadas (Kaiser et al., 2018). Cuando el sistema de información se utiliza dentro de un automóvil, se suele conocer como: IVIS por sus siglas en inglés (In-Vehicle Information System). Puede ejecutarse como una aplicación móvil instalada en dispositivos móviles (“nómadas»), o funcionar mediante pantallas táctiles que suelen venir como sistemas OEM (Original Equipment Manufacturer), es decir, como parte del equipamiento original del vehículo. Estos últimos están diseñados por empresas que entienden los desafíos de conducir y cuentan con un grupo de profesionales que realizan permanentemente estudios de sus aplicaciones, buscando su mejora continua, teniendo en cuenta mantener condiciones de conducción seguras. Agencias regionales en Europa, Estados Unidos y Japón han sido pioneras en el estudio de la influencia de aplicaciones telemáticas en la cabina de conducción (Heinrich, 2013) y justamente de estas zonas parten la gran mayoría de fabricantes emblemáticos de autos a nivel mundial.

Se entiende por distracción al volante, a cualquier acción que distraiga el foco de atención de la actividad primaria que es conducir, incluyendo: hablar o escribir por teléfono, conversar con personas en el coche, manipular los mandos de dispositivos como el estéreo o el sistema de navegación, etc. Varios estudios, tanto en los Estados Unidos de América como en Europa, documentan que accidentes debido a distracciones del conductor han alcanzado costes anuales en torno a 40.000 millones de dólares y 5.000 muertes (Tango & Botta, 2013). La agencia norteamericana NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration, por sus siglas en inglés) ha determinado que en el año 2017, el 13.4% de accidentes fatales originados por algún tipo de distracción al volante, han sido causados por conductores utilizando teléfonos celulares (NHTSA, s/f). Se ha determinado que la proporción de accidentes de tránsito es inversamente proporcional a la edad de los conductores implicados. Entonces cabe

preguntarse si en las próximas décadas, cuando el actual grupo de edad de adolescentes envejezca, ¿se trasladará con ellos el nivel proporcional de accidentes de tránsito?

Varios autores advierten sobre los riesgos que presentan las aplicaciones integradas en el vehículo. Investigadores como Heinrich sugieren como paliativo a esta situación que las aplicaciones automotrices pueden ejecutarse en un teléfono inteligente, pero utilizando la pantalla OEM que viene de fábrica y de esta manera, se aplicarían las pautas de protección consideradas por la industria automotriz (Heinrich, 2013). Esta estrategia está alineada con el estándar MirrorLink (que será revisada en detalle más adelante) en la que los dispositivos nómadas solo pueden funcionar emparejados con el sistema de infoentretenimiento certificado del automóvil y donde se llevan a cabo las conversiones de pantalla para cumplir con las pautas y normas estandarizadas. Es importante resaltar que no todos los países tienen pautas nacionales, y aunque existen agencias en la mayoría de regiones del conocido como primer mundo (Estados Unidos, Europa y Japón por ejemplo), en general los estados no exigen la implementación de guías para el diseño, desarrollo de sistemas infoentretenimiento y/o gestión de la distracción como atributo de seguridad en la cabina de conducción.

Android Auto, desde su actualización de 2019, ya no permite que las aplicaciones se ejecuten directamente desde el teléfono inteligente; obliga a las aplicaciones a emparejarse con la gran pantalla del automóvil. Sin embargo, evitar el uso de aplicaciones directamente desde dispositivos móviles es casi imposible. El desarrollo de aplicaciones móviles seguras para el contexto automotriz constituye un importante desafío de investigación para la interacción humano-computadora, tanto para dispositivos nómadas como para sistemas infoentretenimiento.

“Las tecnologías de reconocimiento de voz pueden reducir el riesgo de accidentes” (Heinrich, 2015). Strayer et al. presentaron, entre 2013 y 2015, tres investigaciones (David L. Strayer et al., 2013) desarrollando una escala de distracción cognitiva para tareas en la cabina del automóvil. Comenzando con la actividad única de operar un vehículo motorizado con una cuantificación base de 1.0, luego escuchar la radio: 1.21, conversar con el pasajero: 2.33, usar un teléfono celular manos libres: 2.27, interactuar con un sistema de voz a texto: 3.06 y finalmente realizando operaciones mentales con la máxima calificación de 5.0. Demostraron que la interacción con los sistemas basados en voz en el vehículo puede tener consecuencias que afectan negativamente a la seguridad al conducir (David L. Strayer et al., 2013). Solo escuchar mensajes de

voz (sin esperar respuestas) tiene una clasificación de carga de trabajo cognitiva equivalente a conversar por un teléfono celular. También probaron un sistema de asistente personal, Apple Siri, que requería interacción con el conductor y obtuvo un valor más alto de 4.0. en la “Calificación de carga de trabajo” (David L. Strayer et al., 2014). En (Luna Garcia et al., 2018), se muestran resultados obtenidos al evaluar la usabilidad del sistema de infoentretenimiento «Mazda Connect© (propiedad de Mazda Motor Corporation)», este sistema fue evaluado desde dos perspectivas, primero por expertos técnicos en usabilidad y experiencia de usuario; posteriormente, por conductores con conocimientos previos en el uso de sistemas de este tipo. Los resultados obtenidos mostraron una relación entre los aspectos técnicos de diseño, usabilidad y funcionalidad detectados por los expertos técnicos y los identificados por los usuarios-conductores. Es importante mencionar que uno de los principales problemas identificados fue la dificultad al interactuar con el sistema de reconocimiento de voz y la funcionalidad del sistema, derivando en la falta de correlación entre la estructura de los comandos de voz y los modelos mentales de los conductores.

Heinrich señaló que normas más restrictivas y complejas para los dispositivos OEM podrían incentivar el uso de dispositivos nómadas sin controles, lo que afectaría negativamente la seguridad en general (Heinrich, 2015). Strayer et al. (David L. Strayer et al., 2018) observaron que, cuando se utilizan dispositivos nómadas en conjunto con los sistemas de infoentretenimiento integrados (y las grandes pantallas que ofrecen), se obtienen niveles de carga de trabajo más bajos. Sin embargo, Ramnath et al. (Ramnath et al., 2020) destacaron los peligros potenciales de estos ecosistemas dominantes. Por un lado, concluyen que la interacción táctil es tan peligrosa que conduce a incumplir parte de las directrices de la NHTSA. También encuentran aumentos peligrosos en los tiempos de reacción del conductor a través de la interacción de voz y peores resultados negativos comparativos a través de interacción táctil.

2. Evaluación de aplicaciones IVIS

Las estrategias para la evaluación de IVIS se pueden clasificar en cuatro familias: Demanda visual, Cognitiva, Analíticas y Métodos Subjetivos. Con las estrategias de demanda visual aplican enfoques empíricos para evaluar el impacto del uso de una aplicación en la atención visual del conductor. Las estrategias de demanda cognitiva evalúan el impacto del uso de una aplicación en la carga cognitiva del conductor. El enfoque analítico utiliza modelos predictivos para evaluar la potencial distracción sin la

necesidad de pruebas experimentales o prototipos funcionales. Finalmente, los métodos subjetivos se basan en las opiniones del usuario, típicamente gestionadas mediante encuestas realizadas luego de experimentación. A continuación, se revisarán aspectos comunes de cada una de estas categorías y se presentarán ejemplos representativos. Se presta especial atención a la potencial aplicación de cada estrategia durante el ciclo de desarrollo de un IVIS. Para cada categoría, una tabla resume las publicaciones relevantes y brinda indicadores de costos (la investigación se entiende como costosa cuando por su complejidad, podría realizarse sólo con el apoyo de la industria automotriz o entidades gubernamentales), la existencia de un patrocinador financiero, y la etapa en la que amerita implementar la evaluación dentro del proceso de desarrollo del IVIS.

2.1. Demanda visual, técnicas empíricas

La investigación de la demanda visual se lleva a cabo utilizando técnicas que evalúan el comportamiento de la mirada del conductor para evaluar la carga de trabajo para realizar una tarea. Dos métodos son los más utilizados en este dominio: “tiempo de mirada” y “prueba de oclusión”. La prueba de tiempo de mirada consiste en, para una tarea específica de IVIS, cuantificar con un dispositivo de seguimiento ocular la mirada del conductor fuera de la carretera. Las pruebas de oclusión requieren un dispositivo transparente (como lentes o gafas con obturadores de cristal líquido) y se utilizan para restringir el tiempo que el conductor puede ver la carretera durante la prueba, con el fin de simular las potenciales distracciones visuales. Las gafas se configuran con tiempos de visión y no visión, y esto se utiliza para cuantificar el tiempo necesario para completar una tarea de IVIS. En términos de costos de dispositivo de seguimiento ocular: “eye trackers”, existen soluciones profesionales por 10,000 dólares estadounidenses (Zugal & Pinggera, 2014). Las técnicas de oclusión están respaldadas por la norma ISO 16673: 2007, “Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Occlusion method to assess visual demand due to the use of in-vehicle systems”. Formalmente, las técnicas de oclusión requieren gafas especializadas para lograr el efecto de obturación y apertura, que pueden tener un costo significativo en sus versiones comerciales (Lee et al., 2014). También hay estudios que han simulado el efecto de las gafas de oclusión al oscurecer la interfaz de la aplicación con efectos teóricamente similares (Krause et al., 2015). En términos del ciclo de vida de la aplicación IVIS, las evaluaciones empíricas de demanda visual se realizan típicamente en las últimas etapas del desarrollo de

productos. Esto es lógico, porque una prueba útil de rendimiento visual de la aplicación es más eficaz a medida que se acerca a la versión final del producto. La Tabla 1 menciona estudios relevantes relacionados con evaluaciones de demanda visual. La Tabla 2 presenta un resumen de las principales pruebas utilizadas en las evaluaciones de demanda visual, sus métricas y si están definidas en estándares o pautas internacionales.

Tabla 1. Evaluaciones de demanda visual

Título	Método	Costoso	Patrocinador	Etapas
Assessing In-Vehicle Secondary Tasks with the NHTSA Guidelines (Aust et al., 2018)	Occlusion Glasses	Sí	Volvo	Final
Using occlusion to measure the effects of the NHTSA participant criteria on driver distraction testing (Domeyer et al., 2014)	Occlusion Glasses, 44 participants in a real vehicle.	Sí	Toyota	Final

Tabla 2. Evaluaciones visuales de la demanda en pautas y estándares internacionales

Método	Métricas	Guía Internacional	Estándar Internacional
15-seconds Rule (Paul Green, 1999)	A task could be acceptable while driving if it can be completed in 15 seconds.	Ninguna	SAE J2364
Occlusion	Total Task Time, Total Shutter Open Time	AAM, JAMA, NHTSA	ISO 16673
Eye Gaze Measurement	Total Glance Time Single Glance Duration R Ratio, TSOT/TTT	AAM, EsoP, JAMA, NHTSA	ISO 15007
Lane Change Task	Mean Deviation, MDEV	Ninguna	ISO 26022

2.2. Demanda cognitiva y combinada, técnicas empíricas

El análisis de la demanda cognitiva proporciona información a los diseñadores y desarrolladores de software para medir la usabilidad de la aplicación móvil, por ejemplo, se pueden realizar evaluaciones de diferentes escenarios de interfaz de usuario y comprobar qué alternativa es menos exigente cognitivamente. En este contexto, el método más popular para evaluar la carga cognitiva de una tarea es conocido como: DRT (Detection Response Time). El método se basa en la tesis que sugiere que una mayor carga cognitiva durante una tarea reduciría la atención del conductor a otra información visual, táctil o auditiva. Durante la prueba a los conductores se les presenta un estímulo sensorial cada 3-5 segundos y se les pide que respondan presionando un botón adjunto a su dedo. Las tareas más exigentes dan como resultado que el conductor se pierda con mayor frecuencia y no responda a los estímulos DRT presentados. “Los tiempos de respuesta y las tasas de aciertos se interpretan como indicadores del efecto de atención de la carga cognitiva” (Stojmenova & Sodnik, 2018). DRT se utiliza principalmente en las etapas finales de desarrollo. La Tabla 3 muestra algunos artículos que informan sobre el uso de DRT. La Tabla 004 describe las principales métricas a evaluar y el estándar internacional que respalda el método.

Tabla 3. Evaluaciones cognitivas y de demanda mixta

Título	Método	Costoso	Patrocinador	Etapas
Detection-Response Task—Uses and Limitations. (Stojmenova & Sodnik, 2018)	Visual, Tactile and Auditory DRT	No	Slovenian Research	Beta, Final
Assessing the visual and cognitive demands of IVIS (Strayer et al., 2019)	120 participants comparing DRT results.	Yes	Traffic Safety Foundation	Final

Tabla 4. Evaluaciones cognitivas y de demanda mixta en estándares internacionales

Método	Métricas	Guía Internacional	Estándar Internacional
Detection Response Task	Mean response time. Type of DRT variants: visual, tactile and auditory	Ninguna	ISO 17488

2.3. Técnicas analíticas

Los métodos analíticos se basan en modelos predictivos que pueden evaluar el potencial de distracción sin la necesidad de pruebas experimentales o prototipos funcionales. Etapas tempranas de desarrollo del software, pueden beneficiarse al tener medidas del desempeño de una tarea y así permitir optimizar iterativamente su desarrollo. Este tipo de técnicas tienen como objetivo modelar el comportamiento humano en el contexto automotriz y requieren un especializado nivel de conocimiento para crear, aprender y comprender el modelo, por lo que constituye un desafío para investigadores en el campo de la interacción humano-computadora (Catherine Harvey & Stanton, 2013). La Tabla 4 resume artículos relevantes que informan sobre el uso de métodos analíticos. Un resumen de las pruebas comúnmente utilizadas en técnicas analíticas, sus principales métricas y si están definidas en una norma o directriz internacional se encuentra en la tabla 5.

Tabla 4. Técnicas Analíticas

Título	Método	Costoso	Patrocinador	Etapas
An extended keystroke level model (KLM) for predicting the visual demand of IVIS (Pettitt et al., 2007)	Extended KLM method for model human behavior.	Yes	UK Department for Transport	Inicial
Evaluating distraction of in-vehicle information systems while driving by predicting total eyes-off-road times with KLM[30]	KLM extended model to predict: Total eyes-off-road times (TEORT).	Yes	Hyundai	Inicial

Tabla 5. Técnicas Analíticas en Estándares Internacionales

Método	Métricas	Guía Internacional	Estándar Internacional
KLM or QN-MHP methods variants, ACT-R cognitive architecture theories.	Total Completion Time of IVIS Tasks, TEORT, eye glance behavior	None	SAE J2365

2.4. Métodos subjetivos

Con base en la norma ISO 9241-11: “Ergonomics of human-system interaction”, la usabilidad de un sistema se refiere a su capacidad para ser utilizado en cada contexto logrando metas relativas a: efectividad, eficiencia y satisfacción. En cuanto a la condición de satisfacción, se requieren evaluaciones subjetivas de los usuarios

pidiéndoles que califiquen su experiencia durante su interacción con la aplicación en el auto. En la tabla 6 se enumeran investigaciones representativas de métodos para evaluación subjetiva. El Nasa TLX (Índice de carga de tareas) es una herramienta de evaluación generalizada para la carga de trabajo percibida, que se utiliza en una amplia variedad de dominios de investigación. Una versión optimizada para el contexto automotriz se conoce como: Driving Activity Load Index – DALI. Tanto el método SUS (Escala de usabilidad del sistema) como el DALI son evaluaciones tipo cuestionario, son pruebas sencillas de implementar y permiten cuantificar las percepciones de los usuarios.

Tabla 6. Métodos Subjetivos

Título	Método	Costoso	Patrocinador	Etapas
SUS – A quick and dirty usability scale (not specified for automotive domain)	Subjective evaluation method	No	Digital Equipment	Final
Evaluating driver mental workload using (DALI) (Pauzié, 2008)	Subjective Evaluation of drivers' mental workload	No	French Institute	Final

3. Caso de estudio: Las aplicaciones móviles en el habitáculo

Android Auto gestiona un ecosistema de aplicaciones móviles listas para el auto, que han aprobado su programa de certificación. La interfaz de Android Auto está optimizada para el contexto automotriz y se puede administrar mediante comandos táctiles o de voz. En relación con las pautas de diseño de Android Auto (*Design for Driving*, s/f), llama la atención que no se mencione específicamente ninguno de los métodos formales de evaluación, ni tampoco normas o pautas internacionales para gestión de la distracción del conductor. Sin embargo, muchos de los principios definidos pueden considerarse inspirados en buenas prácticas definidas por la industria automotriz. Android Auto desde julio de 2019 introduce una importante optimización de su interfaz de usuario y un cambio de paradigma, porque comienza a deshacerse de la interfaz desde el teléfono celular y avanza hacia el uso exclusivo de pantallas táctiles en el auto. Por otro lado, Apple Car Play trabaja en brindar un entorno seguro en el contexto automotriz dentro del ecosistema móvil iOS. Apple define las pautas para desarrollar aplicaciones adecuadas para el entorno de conducción (*Introduction – CarPlay – Human Interface Guidelines – Apple Developer*,

s/f). Apple Car Play valida el cumplimiento de sus pautas para adoptar aplicaciones compatibles de terceros en su ecosistema. Sin embargo, el API de desarrollo tiene limitaciones de acceso para la posibilidad de crear aplicaciones. Es necesario obtener una licencia de fabricación de Apple Mfi que normalmente está disponible para empresas con sus propias instalaciones industriales. Hoy en día, Apple Car Play solo tiene algunas aplicaciones compatibles de terceros. MirrorLink (*MirrorLink*, s/f) es otro de los participantes en el ecosistema de proveedores de aplicaciones para el auto, que afirma estar diseñada para permitir que el conductor de un automóvil acceda de manera segura a las funciones de información, entretenimiento y comunicación desde un dispositivo móvil mientras conduce. Al igual que Android Auto y Apple CarPlay, MirrorLink considera pautas de desarrollo para sus aplicaciones, basadas en los principios generales de las entidades de control de la industria. Las herramientas de desarrollo, los ejemplos y los tutoriales de MirrorLink solo están disponibles para el sistema operativo Android. Una característica clave y diferenciadora de MirrorLink es que requiere que sus aplicaciones IVIS se certifiquen en sus laboratorios de pruebas autorizados. Hasta la fecha, al consultar el sitio web MirrorLink, se puede evidenciar la falta de actualizaciones constantes. En varios foros en línea se argumenta que la plataforma ha perdido su relevancia debido a las implementaciones de Apple y Android que han acaparado el mercado.

Hay situaciones en las que prestar la atención adecuada y estar bien concentrado puede ser la diferencia entre la vida y la muerte. El contexto de la automoción es un escenario muy particular para el estudio de las interfaces humano-ordenador, ya que existe una clara actividad primaria enmarcada en el mundo real y físico, que es la de conducir con seguridad. Cualquier interacción adicional constituye una competencia potencialmente peligrosa para la atención del conductor. En línea con esta necesidad, la industria automotriz y las agencias gubernamentales de control han patrocinado varias investigaciones que han producido una serie de regulaciones y lineamientos regionales para alinear las actividades secundarias relacionadas con el uso de IVIS en la cabina del conductor. (Wiese & Lee, 2007) han categorizado estos esfuerzos en dos grupos: Mitigación de interferencias y Gestión de la carga de trabajo. Los estándares de seguridad de IVIS están relacionados principalmente con la Mitigación de Interferencias, con estrategias que minimizan el número y la duración de las miradas requeridas al IVIS. Las consideraciones de diseño típicas para aplicaciones móviles convencionales incluyen maximizar la atención del usuario, pero esto no es consistente con el contexto automotriz. La industria del software, en su preocupación

por esta peculiaridad, ha elaborado una serie de guías de referencia para desarrolladores de software además de planes de certificación para aplicaciones de terceros antes de presentarlas en sus portales de productos para automóviles. Sin embargo, estos criterios de validación reflejan una falta de rigor lejos de la formalidad de los complejos estándares exigidos por la industria automotriz y las agencias regionales de control. MirrorLink hace un esfuerzo considerable para intentar alinearse con los rigurosos controles automotrices regionales, tanto que incluso exige la validación de las aplicaciones en sus laboratorios certificados. Quizás ese sea precisamente uno de los motivos para la pérdida de relevancia como ecosistema para aplicaciones automotrices frente al duopolio de sus competidores.

(Ramnath et al., 2020) estudiaron el tiempo de reacción de un conductor en varios escenarios y encontraron que esta respuesta era sorprendentemente mejor bajo la influencia del consumo de alcohol o cannabis que, durante la interacción con un IVIS, ya sea en las diversas implementaciones de Android Auto o Apple Car Play. Esta investigación se realizó en un entorno simulado y entre sus principales conclusiones encontramos que un conductor no distraído típicamente reacciona en 1 segundo a los estímulos, y estos tiempos aumentan porcentualmente en el siguiente orden (comenzando con los mejores resultados y terminando con los peores): con consumo de alcohol, consumo de cannabis, manos libres con teléfono, Android Auto por voz, Apple CarPlay por voz, uso manual del teléfono, Android Auto touch, Apple CarPlay touch (Ramnath et al., 2020). En resumen, demuestran que usar un IVIS mientras se conduce puede ser más peligroso que hacerlo bajo los efectos del alcohol o cannabis, lo que respalda la hipótesis de que los enfoques actuales que guían el diseño del IVIS no son suficientes para alcanzar niveles adecuados de conducción segura. Hay una condición clara a resolver, que es adaptar las pautas para el desarrollo de aplicaciones móviles que deben ser optimizadas en su condición y tratadas como actividades secundarias en el contexto de la conducción segura. Por otro lado, se requieren estrategias de costo-beneficio efectivas, ya que la mayoría de las metodologías formales de evaluación de distracciones de IVIS son exigentes en términos de equipos y especialistas para procesar los resultados, como se destacó anteriormente durante la revisión de Estrategias de evaluación. Esto implica que comúnmente están fuera del alcance y el presupuesto de los proyectos típicos de desarrollo y mantenimiento de software. La huella de atención de las actividades que requiere un IVIS debe gestionarse con un enfoque holístico que no dependa únicamente de la magnitud de atención que requiera la aplicación (comúnmente evaluada en entornos simulados). La

evaluación también debe reconocer las demandas de atención variables de las condiciones de la carretera y de otras interacciones en la cabina. Se pueden proponer varios enfoques en este punto, como el enfoque colaborativo de (Wiese & Lee, 2007) «attention grounding» o el enfoque de (Bulling, 2016) para interfaces de usuario pervasivas, haciendo analogía del saldo de atención del conductor con una cuenta bancaria.

4. Conclusiones

Las metodologías formales para la evaluación de la atención de IVIS suelen ser complejas y costosas de implementar, centradas en la investigación científica. Esto de alguna manera se confirma revisando gran parte de las investigaciones representativas, mostradas en el presente documento, que contaron con el apoyo financiero de fabricantes de automóviles o entidades gubernamentales tal como se detalla en las tablas presentadas. Lamm & Wolf en su revisión bibliográfica sobre evaluación de los sistemas de información en el vehículo, encontraron que los métodos aplicados en las primeras etapas de desarrollo, como los basados en modelos predictivos o analíticos, no son populares en la investigación de HCI automotriz (Lamm & Wolff, 2019), lo cual puede verificarse con una simple búsqueda en Google Scholar y darse cuenta de un bajo número de referencias para artículos relacionados con métodos predictivos en el contexto de IVIS (C. Harvey & Stanton, 2012).

Hoy en día Android e iOS tienen definidos entornos de aceptación para IVIS desarrollados por terceros. Coinciden en su espíritu con gran parte de lo definido por diferentes agencias reguladoras de tráfico internacionales, así como por estándares mundiales como ISO y SAE. Sin embargo, aprobar estas certificaciones no garantiza el cumplimiento de los niveles de aceptación más estrictos desarrollados por la comunidad científica y utilizados por la industria automotriz durante décadas. Creemos que hay una falta de métodos formales asequibles aplicables principalmente en las primeras etapas del desarrollo de sistemas en el vehículo, que podrían beneficiar a los desarrolladores de software sin el apoyo financiero de grandes proyectos de investigación corporativos, pero que desean (y deben) adherirse a métodos formales para gestión de la atención en el contexto automotriz.

Los métodos conocidos como “mixtos” implican la combinación de evaluaciones cuantitativas y cualitativas (Burnett et al., 2013). Estos han tenido una aceptación

importante en otras disciplinas científicas, pero en el nicho de desarrollo de IVIS todavía se consideran poco frecuentes en su estudio. Existe una oportunidad de investigación al considerar este enfoque para el estudio de métodos y herramientas que apoyan el trabajo de los desarrolladores de software. Métodos mixtos como variantes de DRT (cuantitativos), técnicas predictivas o herramientas de software (económicas) y evaluaciones de usabilidad (cualitativas), prometen ser material para un marco que defina lo que podríamos conocer como la huella de atención en el contexto de IVIS.

Otro campo por explorar es la dinámica IVIS-conductor-carretera, que potencialmente ofrece mejores respuestas a entornos del mundo real donde no basta con considerar los recursos que demanda cada situación sino también cuándo y dónde los conductores deben adaptar su atención. Apoyar el desarrollo de interfaces adaptables y enfocadas al usuario en la gestión de una correcta demanda de atención del usuario, tiene un potencial de desarrollo significativo en el contexto automotriz y constituye un incentivo para el desarrollo de entornos de conducción seguros.

5. Referencias

Aust, M. L., Broström, R., & Lindvall, S. (2018). Assessing In-Vehicle Secondary Tasks with the NHTSA Visual-Manual Guidelines Occlusion Method. En N. A. Stanton (Ed.), *Advances in Human Aspects of Transportation* (Vol. 597, pp. 373–382). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1_37

Bulling, A. (2016). Pervasive Attentive User Interfaces. *Computer*, 49(1), 94–98. <https://doi.org/10.1109/MC.2016.32>

Burnett, G., Neila, N., Crundall, E., Large, D., Lawson, G., Skrypchuk, L., & Thompson, S. (2013, septiembre 4). How do you assess the distraction of in-vehicle information systems? A comparison of occlusion, lane change task and medium-fidelity driving simulator methods. *PROCEEDINGS of the 3rd International Conference on Driver Distraction and Inattention*. 3rd International Conference on Driver Distraction and Inattention, Gothenburg, Sweden.

David L. Strayer, Joel M. Cooper, Jonna Turrill, James R. Coleman, Nate Medeiros-Ward, & Francesco Biondi. (2013). *Measuring Cognitive Distraction in the Automobile*.

AAA Foundation for Traffic Safety. <https://aaafoundation.org/measuring-cognitive-distraction-automobile/>

David L. Strayer, Joel M. Cooper, Madeleine M. McCarty, Douglas J. Getty, Camille L. Wheatley, Connor J. Motzkus, Kelly L. Mackenzie, Sydney M. Loveless, Jess Esplin, Rachel M. Goethe, & Francesco Biondi. (2018). *Visual and Cognitive Demands of Using Apple CarPlay, Google's Android Auto and Five Different OEM Infotainment Systems*. AAA Foundation for Traffic Safety. <https://aaafoundation.org/visual-cognitive-demands-apples-carplay-googles-android-auto-oem-infotainment-systems/>

David L. Strayer, Jonna Turrill, James R. Coleman, Emily V. Ortiz, & Joel M. Cooper. (2014). *Measuring Cognitive Distraction in the Automobile II: Assessing In-Vehicle Voice-Based Interactive Technologies*. AAA Foundation for Traffic Safety. <https://aaafoundation.org/measuring-cognitive-distraction-automobile-ii-assessing-vehicle-voice-based-interactive-technologies/>

Design for Driving. (s/f). Google Developers. Recuperado el 8 de mayo de 2021, de <https://developers.google.com/cars/design>

Domeyer, J. E., Diptiman, T., & Hamada, H. (2014). Using Occlusion to Measure the Effects of the NHTSA Participant Criteria on Driver Distraction Testing. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 58(1), 2205–2209. <https://doi.org/10.1177/1541931214581463>

Harvey, C., & Stanton, N. A. (2012). Trade-off between context and objectivity in an analytic approach to the evaluation of in-vehicle interfaces. *IET Intelligent Transport Systems*, 6(3), 243. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2011.0120>

Harvey, Catherine, & Stanton, N. A. (2013). *Usability Evaluation for In-Vehicle Systems* (1st edition). CRC Press.

Heinrich, C. (2013). *Fighting Driver Distraction—Worldwide Approaches* (Núm. 13–0290). Article 13–0290. 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV) National Highway Traffic Safety Administration. <https://trid.trb.org/view/1361224>

Heinrich, C. (2015). Fighting driver distraction—recent developments 2013-2015. *Proceedings of the 24th International Technical Conference on enhanced safety of vehicles (ESV)*; Paper nr. 15, 359.

Introduction—CarPlay—Human Interface Guidelines—Apple Developer. (s/f). Recuperado el 8 de mayo de 2021, de <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/carplay/overview/introduction/>

Kaiser, C., Stocker, A., Festl, A., Lechner, G., & Fellmann, M. (2018). A Research Agenda for Vehicle Information Systems. *Research-in-Progress Papers*, 33. https://aisel.aisnet.org/ecis2018_rip/33

Krause, M., Donant, N., & Bengler, K. (2015). Comparing Occlusion Method by Display Blanking to Occlusion Goggles. *Procedia Manufacturing*, 3, 2650–2657. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.622>

Lamm, L., & Wolff, C. (2019). Exploratory Analysis of the Research Literature on Evaluation of In-Vehicle Systems. *Proceedings of the 11th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 60–69. <https://doi.org/10.1145/3342197.3344527>

Lee, S., Kil, S., & Kim, T. (2014). A low-cost visual occlusion device. *Behavior Research Methods*, 46(4), 935–948. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0428-9>

Luna Garcia, H., Mendoza Gonzalez, R., Gamboa Rosales, H., Celaya Padilla, J., Galvan Tejada, C., Lopez Monteagudo, F. E., Collazos, C. A., & Mendoza Gonzalez, A. (2018). MENTAL MODELS ASSOCIATED TO VOICE USER INTERFACES FOR INFOTAINMENT SYSTEMS. *DYNA*, 93(1), 245–245. <https://doi.org/10.6036/8766>

MirrorLink. (s/f). Recuperado el 8 de mayo de 2021, de <https://mirrorlink.com/Developers>

NHTSA, N. (s/f). Distracted Driving in Fatal Crashes, 2017. *NHTSA's National Center for Statistics and Analysis*, DOT HS 812(April), 1–8.

Paul Green. (1999). *The 15-second rule for driver information systems*. Intelligent Transportation Society of America Conference Proceedings.

Pauzié, A. (2008). Evaluating driver mental workload using the driving activity load index (DALI). *Proc. of European Conference on Human Interface Design for Intelligent Transport Systems*, 67–77.

Pettitt, M., Burnett, G., & Stevens, A. (2007). An extended keystroke level model (KLM) for predicting the visual demand of in-vehicle information systems. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1515–1524. <https://doi.org/10.1145/1240624.1240852>

Ramnath, R., Kinnear, N., Chowdhury, S., & Hyatt, T. (2020). *Interacting with Android Auto and Apple CarPlay when driving: The effect on driver performance: A simulator study* (Núm. PPR948). TRL Limited. <https://trid.trb.org/view/1694794>

Stojmenova, K., & Sodnik, J. (2018). Detection-Response Task—Uses and Limitations. *Sensors*, 18(2), 594. <https://doi.org/10.3390/s18020594>

Strayer, D. L., Cooper, J. M., Goethe, R. M., McCarty, M. M., Getty, D. J., & Biondi, F. (2019). Assessing the visual and cognitive demands of in-vehicle information systems. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 4(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s41235-019-0166-3>

Tango, F., & Botta, M. (2013). Real-Time Detection System of Driver Distraction Using Machine Learning. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 14(2), 894–905. <https://doi.org/10.1109/TITS.2013.2247760>

Wiese, E. E., & Lee, J. D. (2007). Attention grounding: A new approach to in-vehicle information system implementation. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 8(3), 255–276. <https://doi.org/10.1080/14639220601129269>

Zugal, S., & Pinggera, J. (2014). Low-Cost Eye-Trackers: Useful for Information Systems Research? En L. Iliadis, M. Papazoglou, & K. Pohl (Eds.), *Advanced Information Systems Engineering Workshops* (Vol. 178, pp. 159–170). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07869-4_14