

Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario para Sistemas *Infotainment* Basados en la Distracción del Conductor



Monografía para optar al título de Ingenieros en Electrónica y
Telecomunicaciones

Juan Sebastián Guzmán Alarcón
Isabela Toledo Balcázar

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistemas
Línea de Investigación en Interacción Humano-Computador
Popayán, octubre de 2021

Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario para Sistemas *Infotainment* Basados en la Distracción del Conductor



Monografía para optar al título de Ingenieros en Electrónica y
Telecomunicaciones

Juan Sebastián Guzmán Alarcón
Isabela Toledo Balcázar

Director: PhD. César Alberto Collazos Ordóñez (Universidad del Cauca)
Codirector: Huizilopoztli Luna García (Universidad Autónoma de Zacatecas,
México)

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistemas
Línea de Investigación en Interacción Humano-Computador
Popayán, octubre de 2021

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Agradecimientos

A mis papás, Julián y Adriana, por su apoyo incondicional y por haberme enseñado la importancia de la disciplina, la dedicación y, sobre todo, del respeto;
A mis hermanos, María Virginia y Pablo Andrés, por siempre estar presente en cada paso y decisión que tomo;
A mis compañeros de carrera, por haber sido una fuente de inspiración y por haberme enseñado tantas cosas para mi profesión y, sobre todo, para la vida;
A mis profesores por haberme enseñado tantas lecciones, no solo en el campo académico, sino también, lecciones para mi futuro;
A la Rama Estudiantil IEEE de la Universidad, por haberme permitido crecer como persona, como amigo y como ciudadano del mundo, y haberme traído tantas risas y momentos de alegría durante la carrera;
A todos mis familiares, amigos y personas que de una u otra forma estuvieron presentes en mi proceso de aprendizaje, brindándome su apoyo y confianza.

Juan Sebastián Guzmán Alarcón

A mis padres, Juan Carlos y Martha, por su infinito amor, dedicación y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por ser mi más grande inspiración y los mejores modelos a seguir;
A mis hermanos, Nicolás y Juan Carlos, y a mis demás familiares, porque su acompañamiento, apoyo, colaboración y cariño siempre han estado presente en todo momento;
A mis compañeros de carrera y amigos, por todos los momentos compartidos que enriquecieron profundamente mi experiencia universitaria y aportaron en mi crecimiento personal;
A los docentes, administrativos y trabajadores de la Universidad del Cauca, por ser pilares en mi formación académica y personal, por las grandes lecciones y enseñanzas impartidas, por los servicios prestados y por la colaboración brindada siempre que lo necesité.

Isabela Toledo Balcázar

Agradecimientos especiales

Gracias a César y a Huitzy por la dirección de este proyecto, por la buena disposición y ayuda en cada una de las etapas del trabajo, por la confianza depositada en nosotros y nuestro trabajo, por brindarnos oportunidades de colaboración con investigadores del área y de participación en diversos eventos nacionales e internacionales;
A todos los demás investigadores que nos ayudaron durante el proceso de desarrollo del trabajo y con quienes pudimos compartir hallazgos e ideas;
Al grupo IDIS por permitirnos conectarnos con otras personas que también buscan poner un granito de arena en el desarrollo de la región;
A los usuarios del proyecto, quienes voluntariamente decidieron apoyarnos en la investigación en búsqueda de solventar problemas que afectan a personas día a día;
A la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, y la Universidad del Cauca en general, por haber sido un espacio de crecimiento profesional y, sobre todo, personal.

Tabla de contenido

Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	vii
Lista de acrónimos	x
Capítulo 1.....	1
1. Introducción	1
1.1. Planteamiento del Problema	2
1.2. Pregunta de Investigación.....	6
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos	7
1.4. Metodología.....	7
1.4.1. Fase de Formulación del Problema de Investigación	8
1.4.2. Fase de Análisis de Trabajos Relacionados	8
1.4.3. Fase de Exploración.....	8
1.4.4. Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual	9
1.4.5. Fase de Validación del Modelo Conceptual	9
1.4.6. Fase de Entrega.....	9
1.4.7. Cronograma.....	10
1.5. Aportes del Proyecto.....	10
1.6. Estructura del Documento	11
Capítulo 2.....	13
2. Revisión de Literatura y Trabajos Relacionados	13
2.1. Marco teórico.....	14
2.1.1. Sistema <i>infotainment</i>	14
2.1.2. Interfaz de Usuario o <i>User Interface (UI)</i>	15
2.1.3. Modelo Mental del Usuario	16
2.1.4. Modelo Conceptual del Sistema	17
2.1.5. Relación entre el Modelo Mental y el Modelo Conceptual	18
2.1.6. Experiencia de Usuario o <i>User eXperience (UX)</i>	19

2.1.7. Utilidad	21
2.1.8. Usabilidad	21
2.1.9. Deseabilidad.....	22
2.1.10. Experiencia de Marca	23
2.1.11. Contexto.....	23
2.1.12. Distracción del Conductor	23
2.1.13. Carga de Trabajo Mental	25
2.1.14. Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario.....	26
2.2. Trabajos Relacionados.....	28
2.2.1. Recomendaciones, directrices y principios de diseño de sistemas <i>infotainment</i> ...	28
2.2.2. Patrones de diseño de sistemas <i>infotainment</i>	29
2.2.3. Distracción del conductor	29
2.3. Brechas existentes.....	31
Capítulo 3.....	32
3. Fase de Exploración.....	32
3.1. Planeación de la Fase de Exploración	33
3.1.1. Encuesta general	34
3.1.2. Selección de las tareas y sistemas <i>infotainment</i>	39
3.1.3. Caracterización de los participantes.....	47
3.1.4. Métricas y métodos de evaluación	50
3.1.5. Equipamiento, trayecto y logística de prueba	53
3.2. Ejecución de la Fase de Exploración	55
3.3. Análisis de Resultados de la Fase de Exploración.....	57
3.3.1. Análisis del Método de Observación	57
3.3.2. Análisis de la Carga de Trabajo Mental.....	66
3.3.3. Análisis Gráfico del Costo de Interacción	69
3.3.4. Segmentación de Usuarios	72
3.3.5. Consolidación de Resultados	77
Capítulo 4.....	78
4. Desarrollo del Modelo Conceptual	78
4.1. Estructura de los Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario.....	79

4.1.1. Revisión de estructuras de patrones de diseño.....	80
4.1.2. Comparación de estructuras de patrones de diseño	82
4.1.3. Definición de la estructura propuesta para los patrones de diseño	84
4.2. Propuesta de los Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario	85
4.2.1. Construcción de la propuesta de patrones.....	85
4.2.2. Categorización de los patrones	127
4.3. Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario	128
Capítulo 5.....	129
5. Validación del Modelo Conceptual	129
5.1. Validez de Contenido por Panel de Expertos	130
5.1.1. Fase de Planeación y Evaluación de la Validez de Contenido por Panel de Expertos	131
5.1.2. Fase de Análisis de Resultados de la Validez de Contenido por Panel de Expertos	133
5.2. Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto.....	137
5.2.1. Fase de Planeación de la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto	138
5.2.2. Fase de Ejecución de la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto	151
5.2.3. Fase de Análisis de Resultados de la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto	152
Capítulo 6.....	163
6. Conclusiones y Trabajo Futuro.....	163
6.1. Conclusiones.....	164
6.2. Trabajo Futuro	165

Índice de tablas

Tabla 1. Perfil de los usuarios de la Fase de Exploración.....	48
Tabla 2. Subescalas del DALI.....	52
Tabla 3. Categorías en el formato de observación.....	60
Tabla 4. Tipo de medida en el formato de observación.....	61
Tabla 5. Tabla resumida del TNI.....	63
Tabla 6. Cálculos del TNI	64
Tabla 7. Valores atípicos de TNI.....	65
Tabla 8. Resultados del DALI	67
Tabla 9. Segmentación de usuarios.....	73
Tabla 10. Usuarios segmentados	73
Tabla 11. Estructura de patrones de Van Welie.....	80
Tabla 12. Estructura de patrones de Anders Toxboe.....	80
Tabla 13. Estructura de patrones de diseño automotrices	81
Tabla 14. Estructura de patrones de diseño de interacción de Tidwell.....	81
Tabla 15. Estructura de patrones contextuales de la experiencia del usuario	82
Tabla 16. Cuadro comparativo de estructuras de patrones de diseño	83
Tabla 17. Estructura definida para la presentación de los patrones.....	84
Tabla 18. Patrón 1 de Botones físicos como atajo en el sistema	87
Tabla 19. Patrón 2 de Barra de acceso rápido personalizada.....	92
Tabla 20. Patrón 3 de Profundidad y amplitud de los menús	96
Tabla 21. Profundidad y amplitud del menú siguiendo las recomendaciones de 12 segundos de la NHTSA.....	99
Tabla 22. Resultados del TNI de la Tarea 2.....	102
Tabla 23. Patrón 4 de Filtros de búsqueda rápida	103
Tabla 24. Patrón 5 de Estructura interna de las aplicaciones de terceros.....	108
Tabla 25. Patrón 6 de Bloqueo parcial del modo de interacción táctil	113
Tabla 26. Patrón 7 de Interacción por comandos de voz	116
Tabla 27. Patrón 8 de Íconos y etiquetas de texto	119
Tabla 28. Patrón 9 de Priorización de las notificaciones	124
Tabla 29. Recomendaciones de advertencia para situaciones de urgencia variable.....	125
Tabla 30. Resultados de la P1 a P7 del formulario de validación.....	133
Tabla 31. Escala de Likert	134
Tabla 32. Tabla de frecuencia de la P1 a P7	134
Tabla 33. Resultados de la P8 a P12 del formulario de validación.....	135
Tabla 34. Tabla de frecuencia de la P8 a P12	136
Tabla 35. Perfil de los usuarios de la Fase de Validación	149
Tabla 36. Tabla resumida del TNI para la Fase de Validación	153
Tabla 37. Cálculos del TNI para la Fase de Validación.....	153
Tabla 38. Resultados del DALI para la Fase de Validación	154
Tabla 39. Costos de interacción promedio de la Fase de Validación	154
Tabla 40. Comparación de las métricas de evaluación para la validación del Patrón 3..	155
Tabla 41. Comparación de las métricas de evaluación para la validación del Patrón 8..	156
Tabla 42. Comparación de las métricas de evaluación para la validación del Patrón 4 ..	157
Tabla 43. Comparación de las métricas de evaluación para la validación del Patrón 5..	158
Tabla 44. Comparación de las métricas de evaluación para la validación del Patrón 2..	159

Índice de figuras

Figura 1. Fases de la metodología del trabajo de grado.....	7
Figura 2. Cronograma de actividades.....	10
Figura 3. Estructura del documento.....	12
Figura 4. Ejemplo de un sistema infotainment de un Toyota Corolla Sedan modelo 202114	
Figura 5. Marcos interpretativos proporcionados por el modelo mental de un individuo y afectados por el contexto	17
Figura 6. Relación entre el modelo mental del usuario, el modelo mental del diseñador y el modelo conceptual del sistema	19
Figura 7. Capas de UX.....	20
Figura 8. Atributos de la carga de trabajo mental	26
Figura 9. Elementos de un patrón de diseño	27
Figura 10. Etapas de la Fase de Exploración	33
Figura 11. Actividades de la Planeación de la Fase de Exploración	34
Figura 12. Respuestas de la pregunta 2 de los encuestados entre 18 y 29 años	36
Figura 13. Respuestas de la pregunta 2 de los encuestados entre 50 y 60 años	37
Figura 14. Respuestas de la pregunta 2 de todos los encuestados.....	37
Figura 15. Respuestas de la pregunta 3 de todos los encuestados.....	38
Figura 16. Respuestas de la pregunta 4 de todos los encuestados.....	39
Figura 17. HTA de la Tarea 1	42
Figura 18. HTA de la Tarea 2.....	42
Figura 19. HTA de la Tarea 3.....	43
Figura 20. HTA de la Tarea 4.....	43
Figura 21. HTA de la Tarea 5.....	43
Figura 22. HTA de la Tarea 6.....	44
Figura 23. HTA de la Tarea 7	44
Figura 24. HTA de la Tarea 8.....	45
Figura 25. HTA de la Tarea 9.....	45
Figura 26. HTA de la Tarea 10.....	45
Figura 27. HTA de la Tarea 11	46
Figura 28. HTA de la Tarea 12.....	46
Figura 29. HTA de la Tarea 13.....	47
Figura 30. Curva de porcentaje de problemas de usabilidad a encontrar	50
Figura 31. Equipamiento en el vehículo.....	54
Figura 32. Trayecto de la prueba.....	55
Figura 33. Ejemplo de un video integrado con la grabación de las 3 cámaras	58
Figura 34. Ejemplo del formato de observación de la Tarea 2 para un usuario	62
Figura 35. Gráfica de la distribución normal	64
Figura 36. Ejemplo del flujo de una tarea por medio de grafos.....	69
Figura 37. Figuras y elementos de los grafos	70
Figura 38. Grafo de la Tarea 2 del Usuario 3	71
Figura 39. Grafos de interacción de los usuarios de la Categoría A vs. Categoría B en la Tarea 1	74
Figura 40. Grafos de interacción de los usuarios de la Categoría A y Categoría B en la Tarea 3	75
Figura 41. Grafos de interacción de los usuarios de la Categoría C en la Tarea 3	76
Figura 42. Grafos de interacción de los usuarios de la Categoría D en la Tarea 3	76
Figura 43. Etapas de la Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual	79

Figura 44. Etapas de la propuesta de los patrones de diseño de interfaces de usuario	85
Figura 45. Grafo de interacción de la Tarea 1 (Usuarios avanzados)	86
Figura 46. Grafo de interacción de la Tarea 1 (Usuario utilizando <i>shortcut</i>)	86
Figura 47. Mando central de control con diversos atajos físicos del Mazda Connect™	88
Figura 48. Detalles de los íconos de los atajos físicos del Mazda Connect™	89
Figura 49. Flujo para reproducir una canción sin el uso de un atajo físico	90
Figura 50. Flujo para reproducir una canción con el uso de un atajo físico	91
Figura 51. Barra de acceso rápido personalizada de Apple CarPlay®	93
Figura 52. Flujo para ingresar a Spotify® sin el uso de la barra de acceso rápido	94
Figura 53. Flujo para ingresar a Spotify® con el uso de la barra de acceso rápido	95
Figura 54. Menú de Configuraciones	96
Figura 55. Profundidad y amplitud del sistema	98
Figura 56. Flujo para configurar el idioma de la interfaz	101
Figura 57. Filtro de letras en Apple CarPlay®	102
Figura 58. Barra lateral de búsqueda por letras	105
Figura 59. Flujo para llamar al contacto Usuario	106
Figura 60. Flujo para llamar al contacto Usuario haciendo uso del menú intermedio de letras	106
Figura 61. Interfaz de Spotify® para el sistema Apple CarPlay®	107
Figura 62. Pestañas de Spotify® en Apple CarPlay®	109
Figura 63. Interfaz principal de Spotify	109
Figura 64. Interfaz de Recientemente reproducidos de Spotify®	109
Figura 65. Interfaz de Búsqueda de Spotify®	110
Figura 66. Interfaz de Librería de Spotify®, incluyendo un segundo nivel de profundidad al seleccionar una de las listas de reproducción o playlists®	110
Figura 67. Interfaz de Spotify® en el dispositivo móvil cuando no está conectado con el vehículo	111
Figura 68. Interfaz de Spotify® en el dispositivo móvil cuando está conectado con el vehículo	111
Figura 69. Interfaz de Waze™ en Apple CarPlay®	112
Figura 70. Interfaz de búsquedas recientes en Waze™	112
Figura 71. Interfaz de favoritos en Waze™	112
Figura 72. Interfaz para contestar una llamada	114
Figura 73. Interfaz mientras el conductor se encuentra en una llamada	115
Figura 74. Menú Raíz en la interfaz de Entretenimiento	118
Figura 75. Menú raíz en Entretenimiento	121
Figura 76. Comunicaciones en Mazda Connect™	122
Figura 77. Teléfono en Apple CarPlay®	122
Figura 78. Entretenimiento en Mazda Connect™	123
Figura 79. Música en Apple CarPlay®	123
Figura 80. Notificación de un mensaje de texto en Apple CarPlay®	126
Figura 81. Clasificación de los patrones de diseño de interfaces de usuario según su categoría	128
Figura 82. Procedimientos de la Fase de Validación	130
Figura 83. Etapas de la Validez de Contenido por Panel de Expertos	131
Figura 84. Etapas de la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto	138
Figura 85. Interfaz original de Configuraciones	140
Figura 86. Propuesta de rediseño de la interfaz de Configuraciones para el prototipo	140
Figura 87. Ícono original para la opción de sintonizar manualmente	141
Figura 88. Ícono y etiqueta de texto propuestos para la opción de sintonizar manualmente	141

Figura 89. Ícono original para la opción de configuración del sonido.....	142
Figura 90. Ícono y etiqueta de texto propuestos para la opción de configuración del sonido	142
Figura 91. Menú intermedio por defecto para el filtro de nombres en la lista de contactos	143
Figura 92. Pestañas de Spotify® en Apple CarPlay®	144
Figura 93. Interfaz principal de Spotify®	144
Figura 94. Interfaz de Reproducidos recientemente de Spotify®	144
Figura 95. Interfaz de Búsqueda de Spotify®	145
Figura 96. Interfaz de Librería de Spotify®, incluyendo un segundo nivel de profundidad al seleccionar una de las listas de reproducción o playlists.....	145
Figura 97. Interfaz en modo conductor de Spotify® propuesta	145
Figura 98. Botón para cambiar el modo de la interfaz de Spotify®	146
Figura 99. Interfaz original de reproducción de una canción de Spotify® en Apple CarPlay.....	146
Figura 100. Propuesta de rediseño para la interfaz de reproducción de una canción de Spotify® en Apple CarPlay®	147
Figura 101. Interfaz de Spotify® en el teléfono móvil sin conexión al vehículo	147
Figura 102. Interfaz de Spotify® en el teléfono móvil con conexión al vehículo	148
Figura 103. Equipamiento en el vehículo para la Fase de Validación.....	150
Figura 104. <i>Focus group</i> con los usuarios de la Fase de Exploración	160

Lista de acrónimos

AAA	<i>American Automobile Association</i> Asociación Estadounidense del Automóvil
AAM	<i>Alliance of Automobile Manufacturers</i> Alianza de Fabricantes de Automóviles
ASFA	<i>Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes</i> <i>Association of French Motorway Companies</i> Asociación de Empresas de Autopistas Francesas
CAGR	<i>Compound Annual Growth Rate</i> Tasa de Crecimiento Anual Compuesta
CE	Comisión Europea
CI	Costo de Interacción
DALI	<i>Driving Activity Load Index</i> Índice de Carga de la Actividad de Conducción
ESoP	<i>European Statement of Principles on Human-Machine Interface</i> Declaración Europea de Principios sobre la Interfaz Humano-Máquina
GPS	<i>Global Positioning System</i> Sistema de Posicionamiento Global
HCI	<i>Human-Computer Interaction</i> Interacción Humano-Computador
HMI	<i>Human-Machine Interface</i> Interfaz Humano-Máquina
HTA	<i>Hierarchical Task Analysis</i> Análisis Jerárquico de Tareas
ICE	<i>In-Car Entertainment</i> Entretenimiento en el vehículo
IVIS	<i>In-Vehicle Infotainment System</i> Sistema de Infoentretenimiento en el Vehículo
JAMA	<i>Japan Automobile Manufacturers Association</i> Asociación Japonesa de Fabricantes de Automóviles
NASA-TLX	<i>NASA-Task Load Index</i> Índice de Carga de Tareas de la NASA

NHTSA	<i>National Highway Traffic Safety Administration</i> Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras
OMS	Organización Mundial de la Salud
TNI	Tiempo Neto de Interacción
UA	Usuarios Avanzados
UCD	<i>User Centered Design</i> Diseño Centrado en el Usuario
UI	<i>User Interface</i> Interfaz de Usuario
UX	<i>User eXperience</i> Experiencia de Usuario

Capítulo 1

1. Introducción

En este capítulo se presenta una introducción al tema de investigación, el planteamiento del problema y los objetivos del proyecto. Además, se describe la metodología del trabajo y los aportes de investigación obtenidos. Finalmente, se menciona la estructura del documento.

Contenido

- 1.1. Planteamiento del Problema
- 1.2. Pregunta de Investigación
- 1.3. Objetivos
- 1.4. Metodología
- 1.5. Aportes del Proyecto
- 1.6. Estructura del Documento



1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad, la industria automotriz se posiciona como uno de los sectores económicos más importantes del mundo [1]. En los últimos años, la globalización, la digitalización y el constante crecimiento de la competencia hacen que esta industria se vea enfrentada a una gran cantidad de desafíos y cambios [2]. Estos nuevos retos llevan a las diferentes empresas a tomar decisiones en el diseño, desarrollo, manufactura y demás procesos, con el esfuerzo de mejorar la experiencia de los conductores y los pasajeros. Nuevas tecnologías como los vehículos autónomos, el Internet de las Cosas, el reconocimiento facial, la detección de gestos, los sistemas *infotainment* modernos, entre otros, sumergen a los usuarios en un mundo lleno de oportunidades de interacción y así mismo, traen consigo un número incalculable de actividades *adicionales* al portafolio de tareas que anteriormente se acostumbraba a tener en los vehículos [3]. Los vehículos modernos están diseñados y desarrollados a partir de un conjunto de necesidades particulares de los usuarios, las cuales pueden ser satisfechas mediante la incorporación de componentes tecnológicos que están vinculados entre sí para crear interacciones e interdependencias con los conductores y pasajeros [4]. Una de las trayectorias tecnológicas que ha logrado emerger en conjunto con el crecimiento de la industria automotriz, es la incorporación de sistemas *infotainment* en los vehículos [5]. Un sistema *infotainment* corresponde al conjunto de componentes utilizados para brindar información y entretenimiento al conductor y otros pasajeros en el vehículo, a través de interfaces con audio y video, elementos de control como pantallas táctiles, paneles centrales con botones, comandos de voz, entre otros [6]. El término *infotainment* hace referencia a **information** (en español, información) y **entertainment** (en español, entretenimiento). Este tipo de sistemas le permite al usuario ejecutar gran cantidad de tareas secundarias durante el proceso de conducción e inclusive en momentos de reposo o parqueo del vehículo. Cabe mencionar que las tareas secundarias hacen referencia a aquellas actividades que realiza el conductor en el vehículo que no son estrictamente necesarias para conducir. Algunos casos de estas tareas secundarias son sintonizar una estación de radio, reproducir música a través de Bluetooth, realizar una llamada telefónica a un contacto, entre otras. Como se mencionó anteriormente, la incorporación de nuevos elementos en los automóviles genera que la interacción con los pasajeros incremente, a tal grado que la relación usuario-vehículo se convierta en un elemento con gran posibilidad de estudio y sobretodo, se deba tratar con un alto nivel de responsabilidad [7]. De acuerdo con el reporte *Global In-Vehicle Infotainment Market*, se estima que el tamaño del mercado global de los sistemas *infotainment* alcance los \$42.700 millones de dólares americanos para 2025, aumentando a un crecimiento de mercado del 10,3% de Tasa de Crecimiento Anual Compuesta o CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) durante el periodo de pronóstico [8]. De igual forma, se prevé que el sistema *infotainment* servirá como el centro de control del vehículo, donde el tablero de visualización y los demás componentes de interacción se integrarán en una sola pantalla que será una característica estándar en los vehículos del futuro [9]. Así mismo, se estima que la interacción de los conductores y pasajeros será intervenida por la inclusión de componentes de realidad virtual, realidad aumentada, sistemas de transmisión de audio en vivo y conectividad en los sistemas *infotainment* con la finalidad de brindar mejor experiencia y comodidad; dos factores clave, que según los fabricantes de automóviles, influyen en las

decisiones de compra de los clientes, sobre todo bajo el amplio panorama de demanda y competitividad en la que se encuentra la industria automotriz [10].

Como se mencionó anteriormente, los sistemas *infotainment* traen consigo un mundo lleno de oportunidades de interacción para que tanto el conductor como los demás pasajeros logren completar tareas relacionadas con la conducción y otras actividades secundarias mayormente relacionadas con el entretenimiento que complementan la experiencia dentro del vehículo. Sin embargo, el aumento en el número de componentes que proporcionan este tipo de sistemas, e inclusive el diseño bajo el cual se encuentran distribuidos estos elementos, puede generar que la interacción usuario-vehículo incremente la complejidad de la experiencia, y por lo tanto, podría dificultar la realización de las tareas secundarias y en un escenario peor, afectar la seguridad durante la conducción [11]. De hecho, según [12], se ha logrado comprobar que el uso indebido de sistemas *infotainment* avanzados como *Android Auto* o *Apple CarPlay*® mientras se conduce puede llegar a ser más peligroso que hacerlo bajo efectos de alcohol o cannabis, lo que respalda la hipótesis de los investigadores del trabajo referenciado, que sostienen que los enfoques actuales que guían el diseño de los sistemas *infotainment* no son suficientes para alcanzar los niveles necesarios para una conducción segura. Los sistemas *infotainment* actuales le permiten al conductor ejecutar más de una tarea a la vez, es decir, mientras todo el enfoque debería estar en su actividad de conducir, el sistema le permite realizar otras tareas simultáneamente como enviar mensajes de texto, escuchar música o recibir notificaciones de redes sociales. La realización de una tarea secundaria demanda un alto nivel de atención cognitiva, así mismo, como es posible que requiera de altos niveles de atención visual o física, lo que puede llevar a que el conductor desvíe los ojos de la carretera, sus manos del volante y en general, lo lleve a mantenerse en un estado de distracción constante [13]. Estas son algunas de las razones por las cuales es importante priorizar la seguridad del conductor y los pasajeros en el momento de realizar el diseño del sistema *infotainment*, pues, aunque se esté brindando mayor permisividad y se pueda estar *vendiendo* una mejor experiencia de usuario, los resultados de la interacción conductor-vehículo pueden tornar en eventos no deseados.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), anualmente más de 1,35 millones de personas pierden la vida como consecuencia de accidentes de tránsito y otros 20 a 50 millones sufren traumatismos en las vías, siendo esta la octava causa principal de mortalidad a nivel global y la primera para niños y jóvenes entre 5 y 29 años [14-15]. El 93% de las muertes en las carreteras del mundo ocurren en países de ingresos bajos y medianos, aunque estos países representen únicamente el 60% de los vehículos a nivel global. Colombia está categorizado como un país de ingresos medianos [16] y se tiene estimado que se presenten 8.987 muertes cada año por accidentes en las vías [17], lo que representa una tasa de mortalidad por 100.000 habitantes de 18.5% [18]. Esta tasa es relativamente alta en comparación a la media de todos los países americanos (15.6%) y casi el doble de la tasa promedio del territorio europeo (9.3%) [19]. Aunque la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible establecida por la OMS se fijó el ambicioso objetivo de reducir a la mitad el número mundial de muertes y lesiones por accidentes de tráfico para 2020, los indicadores de monitoreo de la mencionada agenda descritos en el Reporte de Descripción General de las Estadísticas de Salud Mundial señalan una tendencia en dirección opuesta para el objetivo relacionado con la mortalidad en las vías [19]. También es

relevante mencionar, que, de acuerdo con cifras dadas a conocer por la OMS, los vehículos vendidos en el 80% de los países a nivel mundial no cumplen con estándares básicos de seguridad que conllevan al conductor, pasajeros e individuos terceros como peatones a estar sometidos en un constante entorno de vulnerabilidad en la vía [20].

Existen diversos factores de riesgo que son tenidos en cuenta para entender las causas por las que se presentan los traumatismos y fatalidades en las vías. Dentro de estos factores se encuentra el exceso de velocidad, la conducción bajo los efectos del alcohol y otras sustancias psicoactivas, la omisión de uso del cinturón de seguridad y sistemas de sujeción para niños, la distracción del conductor, el incumplimiento de leyes de tránsito, entre otros [21]. La distracción es uno de los factores más relevantes en cuanto al impacto que provoca frente a la tasa de accidentalidad en la vía. Aunque existe cierto grado de dificultad para identificar con certeza que un accidente fue provocado por distracción [22], algunos países de altos ingresos tienen un conjunto de cifras estimadas que permiten acercarse a lo que representa porcentualmente la distracción en la tasa total de accidentalidad en la vía. De acuerdo con la ASFA (Asociación de Empresas de Autopistas Francesas), en Francia, se tiene estimado que el 20% de los accidentes fatales en el 2019 fueron causados por distracción; cifra preocupante para el país, pues representa el doble del valor registrado en el 2017 [23]. Según las cifras de la Dirección General de Tráfico, organismo regulado por el Ministerio del Interior del Gobierno de España, la distracción es la primera causa de los accidentes mortales de tráfico en el mencionado país, representando un 28% frente al total [24]. En Estados Unidos, de acuerdo con la NHTSA (Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras), se calcula que el porcentaje anual de accidentes de tránsito fatales que involucran conductores distraídos es del 8% [25-26], mientras que, en Canadá, con una cifra cercana, la distracción al conducir representa el 10%, según cifras de la Asociación Canadiense de Automóviles [27]. Estas cifras nos demuestran que la distracción del conductor es una fuente significativa de accidentes de tránsito.

La distracción al conducir ha sido un término ampliamente discutido y estudiado, pues múltiples autores han dado a conocer la forma en la que se puede medir de acuerdo con el contexto y también los factores que intervienen en su ocurrencia [28-31]. La distracción puede definirse en alto nivel como la **desviación de atención al conducir, debido a que el conductor se enfoca temporalmente en un objeto, persona, tarea o evento no relacionado con la tarea principal, que corresponde a la conducción**, lo que reduce la conciencia del conductor, disminuye su capacidad de decisión y rendimiento, e incrementa así el riesgo de accidentes por esta causa [32-33]. La distracción puede provenir de diversas fuentes que pueden encontrarse en el exterior o en el interior del vehículo [34]. Aquellos eventos distractores ubicados en el exterior del vehículo, también conocidos como *fuentes externas*, pueden producirse por la desviación de atención del conductor al observar objetos externos, ya sean edificios, vallas publicitarias, y demás. Por otro lado, las *fuentes internas*, es decir, aquellas que se encuentran dentro del vehículo, incluyen actividades como hablar con otro pasajero, hacer uso del teléfono móvil, conectar algún dispositivo a través de *Bluetooth*, comer o tomar algo, manipular el sistema *infotainment* para ejecutar otras tareas como sintonizar una estación de radio, cambiar el idioma de la interfaz, entre muchas otras.

Ahora, si bien el sistema *infotainment* busca ser un canal más seguro frente a la interacción entre el conductor y su teléfono móvil, el uso de este sistema puede llegar a ocasionar distracciones tan peligrosas como las generadas por el uso del teléfono directamente [35]. De hecho, de acuerdo con un estudio realizado por el Centro para la Seguridad y la Tecnología en la Conducción de la Asociación Estadounidense de Automóvil o AAA (*American Automobile Association*), en colaboración con investigadores de la Universidad de Utah, y a pesar de que los fabricantes de los vehículos puestos a prueba en dicho estudio afirman que el diseño de los sistemas *infotainment* está enfocado en la reducción de la distracción de los conductores, se logró comprobar que este tipo de sistemas en realidad pueden hacer lo contrario [36]. Según la Fundación para la Seguridad del Tráfico, también perteneciente a la AAA, los conductores que utilizan funciones de pantalla táctil o *touchscreen*, y de voz en sus vehículos se distraen durante más de 40 segundos al realizar tareas complejas, como programar el sistema de navegación [37]. Además, luego de realizar un conjunto de pruebas para evidenciar la demanda visual y cognitiva necesaria para utilizar los sistemas *infotainment* de 40 modelos de automóviles del 2017 y 2018 se concluyó, de manera alarmante, que 29 de estos sistemas imponían altos niveles de demanda y los otros 11 presentaban una demanda moderada, sin embargo, ninguno presentó niveles de distracción suficientemente bajos para considerarse completamente seguros [38-39].

Como bien se mencionó anteriormente, el crecimiento de las posibilidades brindadas por los sistemas *infotainment* modernos puede originar una disminución en la atención del conductor, aumentar su carga cognitiva y de esta forma, someterlo a situaciones de vulnerabilidad en la vía. La distracción por este tipo de sistemas puede aumentar aún más por la ejecución de tareas simultáneamente, pues esta acción causa una competencia por los recursos cognitivos entre las diferentes actividades y esta competencia produce un incremento en la desviación de la atención del conductor [40]. Los sistemas *infotainment* modernos son visualmente atractivos, pero al mismo tiempo, han hecho que tareas consideradas simples, como cambiar la estación de radio, sean más complicadas, pues requieren que los conductores naveguen a través de pantallas de menú complejas en lugar de utilizar interfaces más simples, lo que incrementa el riesgo de accidentes y desmejora la experiencia del conductor. Las funciones de manos libres, comando de voz y otras tecnologías interactivas incrustadas en los sistemas *infotainment* pueden crear distracciones visuales y mentales que, involuntariamente, brindan a los conductores una falsa sensación de seguridad cuando están al volante [41].

Algunas organizaciones europeas [42], japonesas [43] y estadounidenses [44], involucradas en la industria automotriz, han propuesto directrices para el diseño, colocación y distribución de los componentes del sistema *infotainment* en el interior del vehículo, permitiendo que el diseño general del sistema esté más enfocado en pro del bienestar del conductor y pasajeros, así como en busca de una mejor relación entre interfaz y usuario [45-46]. Si bien se trata de una medida positiva, estas guías de diseño no son requisito para el desarrollo de los vehículos y el cumplimiento de sus recomendaciones es voluntario. Además de esto, y aunque algunas de las directrices tratan de dar una visión global de los factores a tener en cuenta para la implementación de los sistemas de información y entretenimiento en el vehículo, estas se encuentran diseñadas bajo el contexto de cada una de las regiones en las que realizó la propuesta, omitiendo dificultades y comportamientos de usuarios pertenecientes a grupos

socioeconómicos diferentes, niveles de educación distintos y sin lugar a duda, con otro modelo mental¹, como lo pueden llegar a tener conductores de países latinoamericanos.

En general, y de acuerdo con la contextualización presentada, el diseño de las interfaces de los sistemas *infotainment* no se encuentra totalmente centrado en el comportamiento de los conductores frente a la ejecución de tareas que puedan generar distracción, lo que conlleva a una competencia constante de los recursos cognitivos del conductor y lo somete, en conjunto con los pasajeros, conductores de otros vehículos y peatones, a situaciones no deseadas en la vía [3]. Adicionalmente, la escasa documentación y regulación frente a la distracción generada por los sistemas *infotainment* en el interior del vehículo en países latinoamericanos como Colombia, conduce a que la relación interfaz-conductor en el contexto regional se convierta en un tema de investigación de interés y gran responsabilidad.

Con el fin de contribuir en la solución de esta problemática y aportar en el largo trayecto de esta línea de investigación en el contexto latinoamericano, en el presente trabajo se plantea establecer un conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario que busca servir como punto de referencia para que diseñadores de sistemas *infotainment* logren comprender múltiples puntos de dolor y elementos importantes que afectan la interacción entre los conductores y la interfaz, y así mismo, se logre reducir la carga cognitiva del usuario y disminuir el riesgo de accidentalidad por el nivel de distracción al volante. Cabe mencionar que los puntos de dolor, o *pain points*, hacen referencia a problemas persistentes o recurrentes que pueden ocurrir durante la interacción y pueden incomodar, molestar e intervenir negativamente a los usuarios, a tal punto de afectar la experiencia en el vehículo [47].

1.2. Pregunta de Investigación

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el presente trabajo plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo disminuir el nivel de distracción del conductor generado por el sistema *infotainment* de un vehículo a partir del diseño de sus interfaces de usuario?

1.3. Objetivos

A continuación, se describe el objetivo general y los objetivos específicos.

1.3.1. Objetivo general

Plantear un conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario para sistemas *infotainment* con base en el estudio de la distracción del conductor.

¹ Mecanismo a escala de pensamiento mediante el cual un ser humano intenta explicar o interpretar cómo funciona el mundo real. Es un tipo de representación de la realidad externa. Lo que el usuario cree sobre cómo funciona un sistema.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar el comportamiento del conductor frente a la ejecución de tareas en el sistema *infotainment* que puedan generar distracciones en el vehículo.
2. Proponer un conjunto de patrones de diseño para la generación de interfaces de usuario en sistemas *infotainment* con base en el estudio realizado.
3. Validar los patrones de diseño de interfaces de usuario por un panel de expertos desde un punto de vista conceptual.
4. Evaluar el nivel de distracción del conductor por medio de un prototipo diseñado a partir de los patrones planteados.

1.4. Metodología

Para el desarrollo de este trabajo de grado se siguió el Método de Investigación Conceptual descrito en [48], el cual sugiere un conjunto de fases que permitieron el planteamiento conceptual de los patrones de diseño, así como su validación a través de múltiples procedimientos descritos más adelante. Cabe mencionar que el conjunto de fases descritas en [48] no pretende ser un manual detallado, sino una ayuda metodológica para la investigación conceptual. Para un adecuado control de la progresión de las fases del proyecto se hizo necesario especificar los resultados evaluables, es decir, productos intermedios que resultaron de las tareas incluidas en cada fase, los cuales marcaron los hitos entre las mismas.

Las fases ejecutadas durante la realización del trabajo de grado fueron: Fase de Formulación del Problema de Investigación, Fase de Análisis de Trabajos Relacionados, Fase de Exploración, Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual, Fase de Validación del Modelo Conceptual y Fase de Entrega. El flujo de estas fases se muestra en la Figura 1.

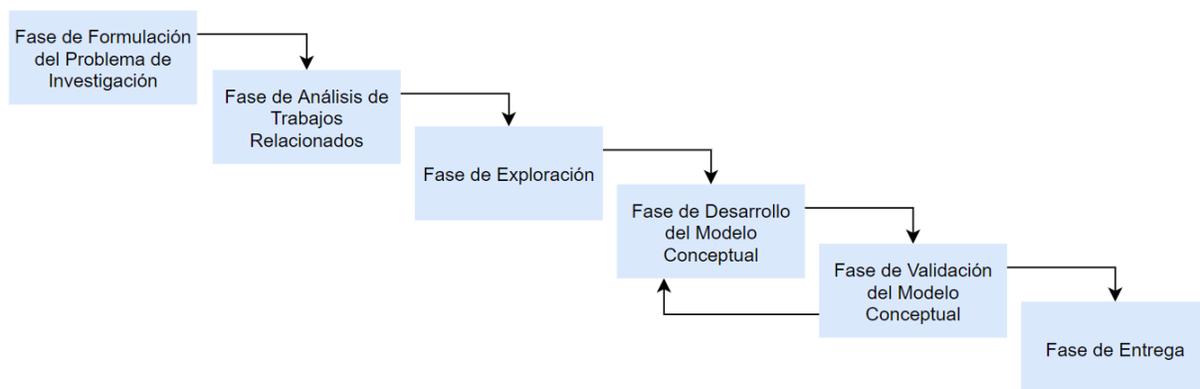


Figura 1. Fases de la metodología del trabajo de grado

A continuación, se describe en detalle cada una de las fases mencionadas:

1.4.1. Fase de Formulación del Problema de Investigación

En esta fase se identificó el contexto y los antecedentes generales del problema, la situación problemática en detalle, y el propósito y justificación de la investigación; aspectos que permitieron establecer los objetivos del trabajo de grado y plantear el problema y aportes en este Capítulo 1 del documento.

Actividad 1: Identificación del contexto y antecedentes generales del problema de investigación.

Actividad 2: Identificación de la situación problemática.

Actividad 3: Identificación de la relevancia del problema.

Actividad 4: Identificación del propósito de investigación.

Actividad 5: Definición de la pregunta y proposiciones de la investigación.

1.4.2. Fase de Análisis de Trabajos Relacionados

En esta fase se hizo una revisión de material bibliográfico acerca de los antecedentes que hacen parte de los núcleos temáticos relacionados con el trabajo de grado, con el fin de fortalecer la base conceptual del mismo y tomar como referencia elementos importantes para la construcción de los patrones de diseño de interfaces de usuario.

Actividad 6: Exploración de las teorías base sobre los tópicos asociados a la problemática.

Actividad 7: Exploración de estudios relacionados a la problemática.

Actividad 8: Análisis de las contribuciones y limitaciones de los incisos anteriores.

1.4.3. Fase de Exploración

Esta fase estuvo enfocada en la ejecución de una evaluación exploratoria con la finalidad de comprobar la problemática descrita en el contexto de estudio, de modo que permitió reafirmar la relevancia del desarrollo del trabajo de grado. Adicionalmente, con esta fase se logró evidenciar la aparición de distracciones generadas por la interacción entre el conductor y el sistema *infotainment*, lo que permitió tener como referencia los principales problemas que los usuarios presentaban y con base en ello proponer los patrones de diseño de interfaces de usuario más adelante.

Actividad 9: Planeación de la Fase de Exploración.

Actividad 10: Ejecución de las actividades definidas en el inciso previo.

Actividad 11: Caracterización del comportamiento de los conductores con base en el análisis de resultados de la Fase de Exploración.

1.4.4. Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual

Esta fase de desarrollo está dividida en dos módulos: Marco Conceptual General y Modelo Conceptual Desarrollado.

El módulo del Marco Conceptual General tenía el propósito de dar soporte técnico al desarrollo de los patrones de diseño a través de la recopilación e integración de los conceptos que fundamentan la investigación. En otras palabras, este módulo sirvió como base para entender cómo es la estructura de un patrón de diseño de interfaces de usuario y cómo poder convertir los elementos identificados en la Fase de Exploración en herramientas para los diseñadores.

Actividad 12: Estudio y especificación de la estructura de los patrones de diseño de interfaces de usuario.

Por otro lado, el módulo del Modelo Conceptual Desarrollado hace referencia al desarrollo del producto intelectual, es decir, los patrones de diseño, los cuales fueron estructurados con base en el análisis y síntesis realizada en los incisos anteriores.

Actividad 13: Construcción del conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario.

1.4.5. Fase de Validación del Modelo Conceptual

En esta fase se validaron los lineamientos especificados en los patrones de diseño propuestos. Esta validación se realizó a través de dos procedimientos descritos en [48], los cuales fueron (i) Validez de Contenido por Panel de Expertos y (ii) Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto.

El primer procedimiento fue realizado por un panel de expertos en el área, quienes determinaron que los patrones de diseño cumplían satisfactoriamente con los criterios respectivos tanto en forma como fondo. Posteriormente, se realizó el segundo procedimiento, el cual consistió en la construcción de un prototipo que materializó parte del modelo, sirviendo como una herramienta para realizar la prueba de concepto por parte de usuarios y de esta forma validar los patrones desde otra perspectiva.

Actividad 14: Validación de Contenido por Panel de Expertos.

Actividad 15: Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto.

1.4.6. Fase de Entrega

Esta fase final se compone de la elaboración y entrega de la monografía de trabajo de grado y un artículo referente a los resultados obtenidos por la investigación realizada, el cual será enviado a una revista indexada y/o evento nacional o internacional. Por último, se realizará el proceso de sustentación de trabajo de grado ante los respectivos jurados de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.

Actividad 16: Elaboración de la monografía del trabajo de grado y el artículo de investigación.

Actividad 17: Entrega de la monografía del trabajo de grado, artículo de investigación y demás elementos descritos en las condiciones de entrega del anteproyecto.

Actividad 18: Sustentación del trabajo de grado.

1.4.7. Cronograma

Para el desarrollo del trabajo de grado se definió un tiempo de 9 meses (36 semanas). La Figura 2 muestra el cronograma de actividades descritas previamente.

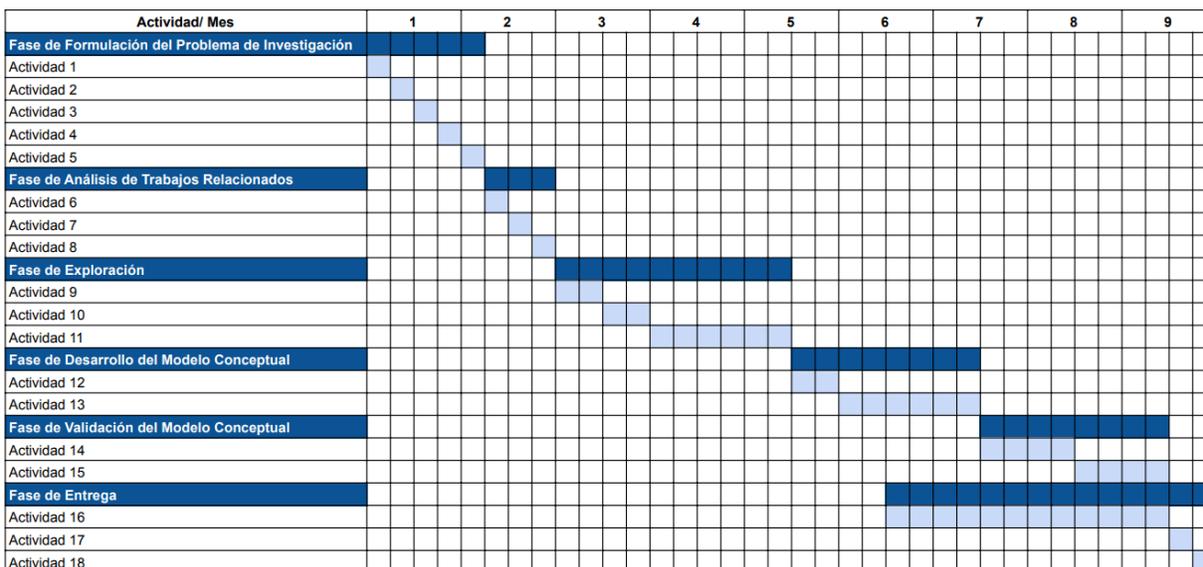


Figura 2. Cronograma de actividades

1.5. Aportes del Proyecto

De acuerdo con lo mencionado en el Planteamiento del Problema, el presente proyecto de grado sugiere un conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario que sirva como herramienta para que diseñadores y desarrolladores de sistemas *infotainment* puedan tener visibilidad de algunos de los puntos de dolor relacionados con la distracción en conductores con modelo mental colombiano, y de esta forma poder generar interfaces cumpliendo con estos principios y mejorar la experiencia del usuario en el vehículo. En [49] se define un patrón de diseño de interfaces de usuario como el conjunto de soluciones que resuelven problemas de diseño comunes que ocurren en un contexto en específico. Estos patrones son los puntos de referencia estándares para los diseñadores de UI. Para este trabajo, hacemos referencia a los patrones de diseño de interfaces de usuario como el conjunto establecido de soluciones para problemas de diseño de interacción, usabilidad y UX en los sistemas *infotainment* de los vehículos [50].

Los principales aportes que se consideran incluyen (i) la caracterización del comportamiento de conductores con modelo mental colombiano frente a la ejecución de tareas en el sistema *infotainment*, y (ii) la elaboración de un conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario en sistemas *infotainment* para disminuir la distracción generada en la interacción entre el conductor y este tipo de sistemas, con base en los puntos de dolor encontrados en la caracterización de usuarios, recomendaciones de expertos, lineamientos de guías existentes y hallazgos adicionales identificados durante el proceso de investigación haciendo uso de técnicas de usabilidad y UX; temas de interés en la línea de investigación de Interacción Humano-Computador (HCI).

1.6. Estructura del Documento

El presente documento está compuesto por 6 capítulos descritos a continuación:

Capítulo 1: En este capítulo se presenta una introducción al tema de investigación, el planteamiento del problema y los objetivos del proyecto. Además, se describe la metodología del trabajo y los aportes de investigación obtenidos. Finalmente, se menciona la estructura del documento.

Capítulo 2: En este capítulo se realiza una revisión y descripción de las bases conceptuales que fundamentan la investigación y ejecución del proyecto. Está compuesto por el marco teórico, una sección de trabajos relaciones y brechas existentes.

Capítulo 3: En este capítulo se presenta la planeación, ejecución y análisis de resultados de la Fase de Exploración.

Capítulo 4: En este capítulo se describe la metodología utilizada para construir los patrones de diseño de interfaces de usuario, así como la versión final de los mismos.

Capítulo 5: En este capítulo se presenta la validación de los patrones propuestos. Está compuesto por la Validez de Contenido por Panel de Expertos y la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto.

Capítulo 6: En este capítulo se presentan las principales conclusiones del proyecto y propuestas de trabajo futuro que se obtuvieron durante el desarrollo de la investigación.

En la Figura 3 se muestra un resumen gráfico de la estructura del documento.

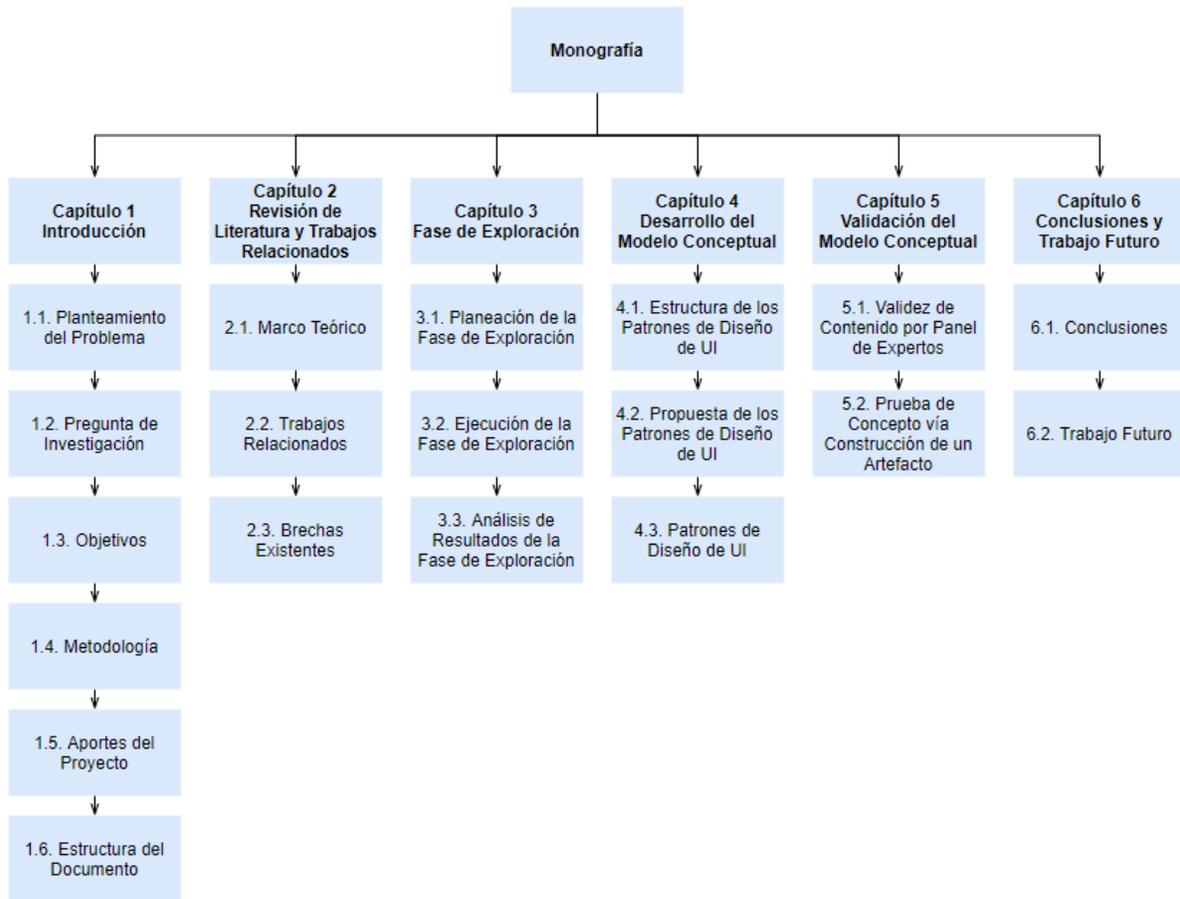


Figura 3. Estructura del documento

Capítulo 2

2. Revisión de Literatura y Trabajos Relacionados

En este capítulo se realiza una revisión y descripción de las bases conceptuales que fundamentan la investigación y ejecución del proyecto. Está compuesto por el marco teórico, una sección de trabajos relaciones y brechas existentes.

Contenido

- 2.1. Marco Teórico
- 2.2. Trabajos Relacionados
- 2.3. Brechas Existentes



2.1. Marco Teórico

En esta sección se presenta una recopilación de consideraciones teóricas y diversos temas que soportan el contexto bajo el cual se despliega el trabajo realizado.

2.1.1. Sistema *Infotainment*

Infotainment, o su traducción al español, infoentretenimiento, es un término compuesto que surge de la intersección entre las palabras información y entretenimiento [51].

Un sistema *infotainment*, también conocido en la literatura como IVIS (*In-Vehicle Infotainment System* o en español, sistema de infoentretenimiento en el vehículo) o ICE (*In-Car Entertainment* o en español, entretenimiento en el vehículo) corresponde al conjunto de componentes utilizados para brindar información y entretenimiento al conductor y otros pasajeros en el vehículo, a través de interfaces con audio y video, elementos de control como pantallas táctiles, paneles centrales con botones, comandos de voz y demás [6]. En la Figura 4 se presenta un ejemplo de un sistema *infotainment* perteneciente a un vehículo Toyota Corolla Sedan modelo 2021.



Figura 4. Ejemplo de un sistema *infotainment* de un Toyota Corolla Sedan modelo 2021 [52]

Las funcionalidades de los sistemas *infotainment* difieren según el vehículo; generalmente, cuanto más moderno es, más avanzado es el sistema que incorpora. Algunas aplicaciones comunes de este tipo de sistemas incluyen el uso de sistemas de navegación GPS, conectividad con teléfonos móviles, sintonización de estaciones de radio, reproducción de CDs, entre otras. Algunos vehículos más avanzados permiten a los conductores incluso acceder a sus redes

sociales y correo, verificar la disponibilidad de lugares de estacionamiento en la ciudad, monitorear el tráfico y transmitir video y audio de alta definición.

Aunque los sistemas de navegación GPS y otros componentes tecnológicos eran incorporados en los vehículos desde principios de la década de 1990, el primer sistema *infotainment* similar a los que se conoce hoy en día fue anunciado en el 2007 por Ford, siendo este el primer sistema integrado de comunicaciones y entretenimiento en el vehículo y el cual le permitió a los conductores hacer llamadas telefónicas con manos libres, controlar la música y otras funcionalidades con controles especializados, incluidos los comandos de voz activados por un botón en el volante [53]. Desde entonces, las interfaces de usuario para vehículos se han convertido en herramientas para el conductor y los pasajeros, aumentando también las capacidades de procesamiento, almacenamiento, comunicación e interacción en el vehículo.

Los sistemas *infotainment* generalmente están instalados directamente por los fabricantes del vehículo, sin embargo, hoy en día existen plataformas de duplicación como *Android Auto* o *Apple CarPlay*® que pueden instalarse en diversos vehículos para brindar al usuario un conjunto de funcionalidades de interacción adicionales con el *smartphone* del conductor.

Un sistema *infotainment* está compuesto por la unidad principal integrada de control, un sistema operativo, módulos de conectividad y diferentes elementos de control como botones, pantallas táctiles, comandos de voz, sensores y demás [54].

2.1.2. Interfaz de Usuario o *User Interface (UI)*

La interfaz de usuario (UI) actúa como intermediario en la interacción entre un usuario y un sistema. La UI es todo aquello con lo que el usuario entra en contacto física, perceptiva y conceptualmente mientras hace uso del sistema [55]. La UI debe transmitir al usuario lo que se puede hacer en el sistema, y esto lo realiza a partir de la incorporación de elementos gráficos, como lo son imágenes, iconos, ventanas, texto, etc., los cuales se encargan de representar la información que se quiere transmitir al usuario de acuerdo con el contexto del sistema [56]. La interacción entre el usuario y la interfaz se realiza a través de dispositivos de entrada como teclados, *mouse*, *trackpads*, micrófonos, pantallas táctiles, escáneres de huellas dactilares, lápices electrónicos y cámaras, y dispositivos de salida como monitores, pantallas, parlantes e impresoras.

La UI juega un papel vital en el desarrollo de componentes tecnológicos, pues en términos de visibilidad, diseño y precisión, tiene la mayor importancia en el momento de transmitir la información necesaria para el usuario previsto. Cada decisión tomada para el diseño de la UI puede contribuir al sistema tanto positiva como negativamente.

El objetivo de una UI es hacer que la experiencia del usuario sea fácil e intuitiva, requiriendo un esfuerzo mínimo por parte del usuario para recibir el máximo resultado deseado. La UI busca coincidir y satisfacer las habilidades y expectativas de los usuarios que la van a utilizar [57]. Así

mismo, espera ofrecer un entorno visualmente sencillo y amigable para interactuar con las correspondientes aplicaciones, a tal nivel que se convierta en un canal de comunicación *transparente* entre el usuario y el sistema. El usuario tiene su propia visión del sistema y espera que se comporte de una manera determinada, razón por la cual, la UI debe servir como un intermediario suficientemente intuitivo para el usuario.

2.1.3. Modelo Mental del Usuario

El modelo mental es el mecanismo a escala de pensamiento mediante el cual un ser humano intenta explicar o interpretar cómo funciona el mundo real. Es un tipo de representación de la realidad externa según cada individuo [58]. Para el ámbito de HCI, el modelo mental puede entenderse como lo que el usuario cree sobre cómo funciona un sistema.

El modelo mental de un usuario es subjetivo, y varía en gran medida entre un individuo y otro. Este modelo no es preciso, pues está basado en lo que la persona piensa que es verdad, aunque no lo sea en el mundo real. El modelo mental se forma con base a las experiencias previas de los usuarios e incluso son influenciados por la cultura en la que se desenvuelve la persona, por lo que tienden a predecir las acciones que toma el usuario en un escenario en particular y está en constante evolución, pues se adapta a través del tiempo y conforme se van teniendo nuevas experiencias y adquiriendo mayor conocimiento [59].

Un modelo mental se basa en creencias, no en hechos, es decir, no es la forma en la que un usuario interactúa con un sistema, si no, lo que el usuario sabe o cree saber del sistema [60].

Los diseñadores de UI tienen como objetivo hacer que la interfaz de usuario comunique la naturaleza básica del sistema lo suficientemente bien como para que los usuarios formen modelos mentales razonablemente precisos y por lo tanto útiles. Los modelos mentales son un concepto clave en el desarrollo de instrucciones, documentación, tutoriales, demostraciones y otras formas de asistencia al usuario, pues toda la información insertada en ellos debe ser breve y al mismo tiempo debe enseñar los conceptos clave que la gente necesita saber para entender el sistema en general.

Los modelos mentales ayudan a las personas a dar sentido al mundo, a interpretar su entorno y comprenderse a sí mismas. Los modelos mentales incluyen categorías, conceptos, identidades, prototipos, estereotipos, narrativas causales y visiones de lo que para cada individuo representa el mundo real [61].

Los individuos no responden a la experiencia objetiva sino a sus representaciones mentales de la experiencia. Al construir estas representaciones, las personas utilizan marcos interpretativos proporcionados por los modelos mentales de cada uno. Adicionalmente, el contexto también puede activar un modelo mental en particular. En la Figura 5 se ejemplifica cómo un usuario, de acuerdo al contexto, obtiene una visión completamente diferente de la realidad de acuerdo a los marcos interpretativos proporcionados por su modelo mental.

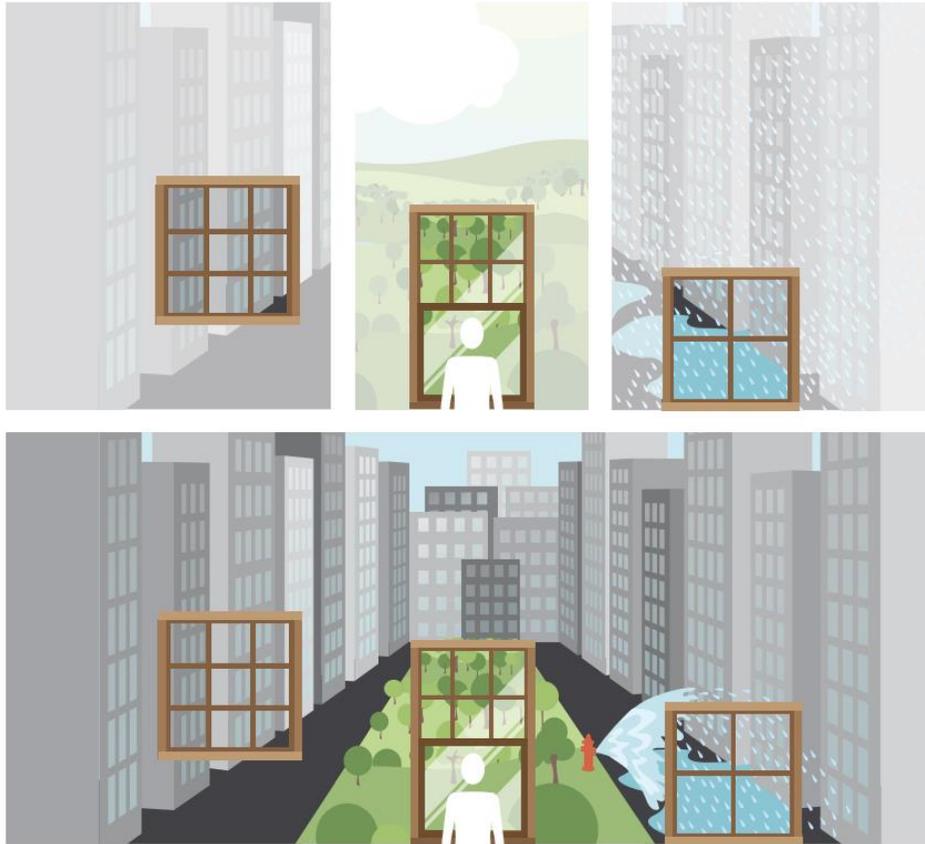


Figura 5. Marcos interpretativos proporcionados por el modelo mental de un individuo y afectados por el contexto [61]

Los modelos mentales afectan hacia dónde un usuario dirige su atención, la forma en la que toma decisiones frente al uso de un sistema y la manera en la que interactúa con otros individuos en distintas situaciones [59].

2.1.4. Modelo Conceptual del Sistema

Un modelo conceptual es una descripción de alto nivel de cómo se organiza y opera un sistema [62]. El modelo conceptual de un sistema se forma mediante la interpretación de sus acciones percibidas y estructura visible [59]. Para el ámbito de HCI, el modelo conceptual es el cómo los diseñadores de UI representan el uso de un sistema a través de una interfaz.

Este modelo especifica las principales metáforas y analogías del diseño del sistema, los conceptos con el que el usuario interactúa y las relaciones que se crean entre estos conceptos [62].

En otras palabras, un modelo conceptual es una visión *idealizada* de cómo funciona el sistema y cómo los diseñadores del modelo esperan que los usuarios internalicen su uso. Este modelo también comprende la estructura ontológica del sistema; sus componentes, relaciones y estructuras de control. El modelo es el mecanismo por el cual los usuarios realizan las tareas que el sistema está destinado a respaldar [63].

La comprensión y el entendimiento de una interfaz se basa en establecer un modelo conceptual apropiado que le permita al usuario reconocer aquello que ya conoce y sabe cómo utilizar. El usuario clasifica y organiza sus percepciones, pensamientos y experiencia a partir de los cambios que se van produciendo en cada actividad o contexto en el momento de interactuar con el sistema [64].

Un modelo conceptual debe ser lo más simple posible y al mismo tiempo debe brindar la funcionalidad requerida de la manera más clara. Cuanto más directo sea el mapeo entre la funcionalidad del sistema y el flujo de tareas que se puede realizar dentro de él, mayores serán las posibilidades de que los usuarios adopten correctamente el modelo conceptual objetivo de los diseñadores [63].

El modelo conceptual de un sistema interactivo no es la interfaz de usuario. No se trata de cómo se ve el software o cómo se siente. No especifica las acciones del *mouse*, gráficos o diseño de la pantalla, comandos, esquemas de navegación, cuadros de diálogo o mensajes de error. Describe únicamente lo que los usuarios pueden hacer con el sistema y los conceptos que necesitan comprender para operarlo [63].

Algunos de los elementos que contribuyen al modelo conceptual de un sistema son la arquitectura de su información, es decir, la forma en la que se agrupan y estructuran las diferentes secciones del sistema; la terminología, que tiene en cuenta preguntas como ¿el usuario está familiarizado con las palabras que se utilizan? o ¿en qué medida coinciden los términos del sistema con los que usan los usuarios en su cotidianidad?; y los modelos de interacción, que se preocupan por mantener un patrón de interacción estándar evitando sorpresas o confusión por parte del usuario [65].

Es responsabilidad de los diseñadores proyectar un modelo conceptual que tenga sentido para los usuarios en función de su comprensión del flujo de tareas [63].

El modelo conceptual es el esqueleto del diseño [63].

2.1.5. Relación entre el Modelo Mental y el Modelo Conceptual

Así mismo como el usuario tiene un modelo mental que le permite interpretar el funcionamiento de un sistema, el diseñador cuenta con cierto modelo mental que influye en gran medida en el planteamiento del modelo conceptual, es decir, en pocas palabras, en el diseño general del

sistema. El problema, de acuerdo con [66], es cuando el modelo mental del usuario, el modelo mental del diseñador y por ende el modelo conceptual del sistema, no coinciden.

Entre menor sea la brecha entre el modelo mental del diseñador y el modelo mental del usuario, las probabilidades de que se dé una experiencia de usuario positiva será mayor, dado que se previenen errores de uso y el usuario navega en el sistema de una forma intuitiva [59]. La Figura 6 enseña la relación entre el modelo mental del usuario, el modelo mental del diseñador y el modelo conceptual del sistema.

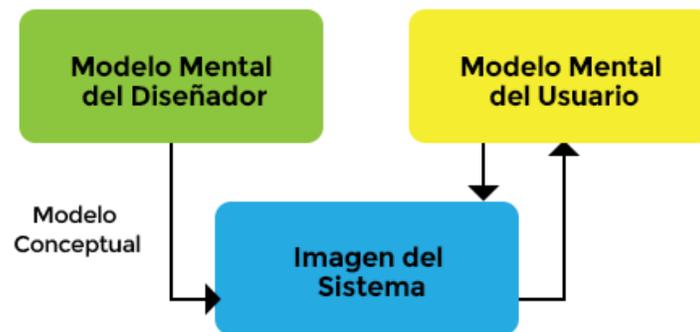


Figura 6. Relación entre el modelo mental del usuario, el modelo mental del diseñador y el modelo conceptual del sistema [59]

2.1.6. Experiencia de Usuario o *User eXperience (UX)*

El término UX ha sido definido desde distintas perspectivas y por múltiples autores a lo largo del tiempo, en un esfuerzo por identificar los factores y dimensiones a considerar para evaluar la experiencia del usuario en el momento de interactuar con un sistema, lo que permite inferir que se trata de un concepto dinámico y dependiente del contexto [67-68].

De acuerdo con [69], UX comprende todos los aspectos de *cómo* las personas usan un producto interactivo, *cómo* se siente en sus manos, *qué* tan bien entienden cómo funciona, *cómo* se sienten al respecto mientras lo usan, *qué* tan bien sirve sus propósitos y *qué* tan bien encaja en todo el contexto en el que lo están usando.

Del mismo modo, en [70] se argumenta que UX es una consecuencia del estado interno del usuario, las características del sistema diseñado y el contexto (o el entorno) dentro del cual ocurre la interacción.

Autores destacados como Norman & Nielsen [71] sostienen que el término de UX abarca todos los aspectos de la interacción del usuario final con la empresa, sus servicios y productos, y dan a entender que el principal requisito para brindar una experiencia ejemplar es satisfacer las

necesidades *exactas* del cliente. Otros factores que toman en cuenta estos autores son la *simplicidad* y la *elegancia* que producen los productos.

En otras definiciones recientes como la de Ross [72] se establece que UX hace referencia al “*sentimiento o experiencia general que una persona tiene cuando usa un producto, como un sitio web, un dispositivo móvil o una aplicación de software. Incluye lo fácil que es de usar, lo agradable y satisfactoria que es la experiencia, si es útil o no y cuán bien satisface las necesidades de la persona*”.

UX también se puede definir como la respuesta sensorial, emocional y reflexiva del *usuario* a la *interacción* con un *sistema* en un *contexto*, donde este *usuario* se refiere a la persona que usa o emplea algo, el *sistema* indica el dispositivo u objeto artificial que está organizado para un propósito, el *contexto* introduce las condiciones interrelacionadas en las que algo existe u ocurre, y la *interacción* señala la cadena de acciones y reacciones interdependientes entre un usuario y un sistema. Además, algunos enfoques destacan la importancia de tener en cuenta elementos como la temporalidad para fortalecer la relación a largo plazo entre el usuario y el sistema [73-74].

De acuerdo con [75], la experiencia de usuario es construida mediante la superposición de cuatro niveles que se integran entre sí. Estas capas integrales corresponden a la *utilidad*, la *usabilidad*, la *deseabilidad* y la *experiencia de marca*. Cabe mencionar que los dos niveles sobre los que el diseñador de UX tiene mayor control son la usabilidad y la deseabilidad. La Figura 7 muestra las cuatro capas integrales de UX.

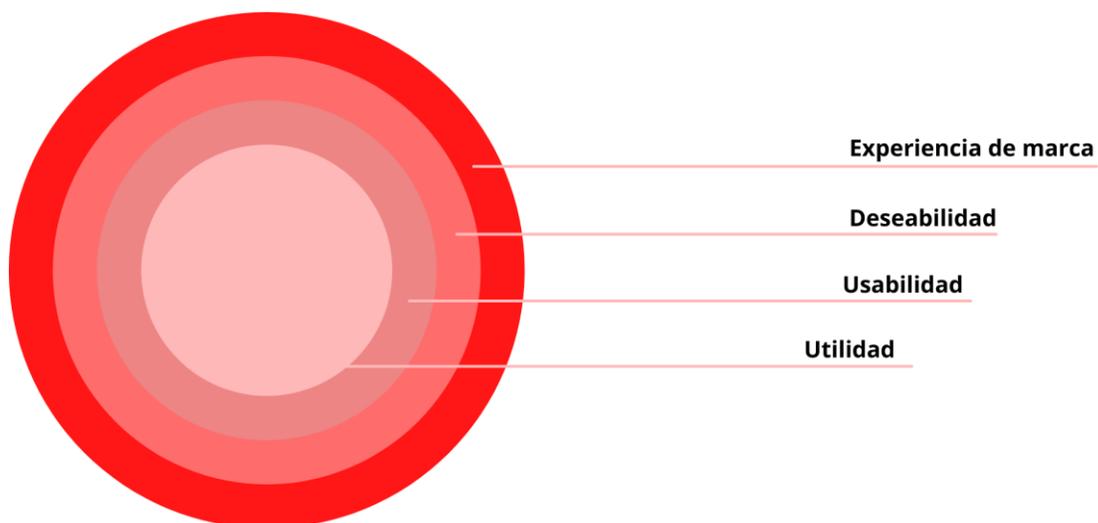


Figura 7. Capas de UX de acuerdo con [75]

2.1.7. Utilidad

La utilidad es el atributo que mide si efectivamente un sistema permite hacer lo que el usuario necesita o espera de él [76]. La utilidad consiste en proporcionar funciones que los usuarios requieren en primer lugar para satisfacer sus necesidades [77].

En este nivel se espera responder con preguntas como lo son: ¿el producto es útil para el usuario?, ¿el sistema cuenta con un propósito que satisfaga las necesidades del usuario? o ¿el producto permite solucionar el problema del usuario?

Si la utilidad es bastante evidente que no puede existir experiencia de usuario, pues si un usuario potencial no encuentra valor en el producto o no percibe que el producto pueda satisfacer sus necesidades no se convertirá en un usuario en primer lugar [75].

2.1.8. Usabilidad

La usabilidad es una medida de *qué tan bien* un usuario específico, en un contexto particular, puede usar un producto o diseño para lograr un objetivo definido, de manera efectiva, eficiente y satisfactoria [78]. En un contexto cercano, la usabilidad puede definirse como un atributo de calidad que evalúa la facilidad de uso de las interfaces de usuario [79].

La usabilidad se evalúa en distintas etapas del uso del producto, desde el proceso de aprendizaje hasta el nivel de satisfacción que provoca el diseño al final [80].

La usabilidad es fundamental en el desarrollo de interfaces pues si los usuarios no pueden lograr sus objetivos de manera eficiente, efectiva y satisfactoria, es probable que busquen una solución alternativa para alcanzar estos objetivos, lo que evita que se lleve a cabo el flujo de actividades que se tiene precisado para completar las tareas y esto genere problemas en la experiencia de usuario en general [77].

La usabilidad es el resultado de un proceso de Diseño Centrado en el Usuario o *User Centered Design* (UCD). Este proceso examina *cómo* y *por qué* un usuario adoptará un producto y busca evaluar ese uso. Este proceso es iterativo y busca mejorar continuamente después de cada ciclo de evaluación [77].

En este nivel se espera responder con preguntas como lo son: ¿el producto es fácil e intuitivo de usar?, ¿le gusta al usuario la forma en que se ve y se siente el producto? o ¿es sencillo memorizar la forma en la que se interactúa con el producto para futuros usos?

De acuerdo con [79], la usabilidad puede ser estudiada a partir de subcomponentes de calidad que incluyen la *aprendibilidad*, la *eficiencia*, la *memorabilidad*, la *tolerancia a errores* y la *satisfacción*.

La *aprendibilidad* corresponde a *qué tan fácil* es para los usuarios realizar las tareas del producto la primera vez que se encuentran con el diseño. Se espera que los nuevos usuarios puedan lograr sus objetivos fácilmente e incluso más fácilmente en futuras visitas.

Una vez que los usuarios han aprendido el diseño, la *eficiencia* corresponde a con *qué* rapidez y facilidad pueden ejecutar las tareas nuevamente. Se espera que los usuarios puedan realizar tareas rápidamente a través del proceso más sencillo posible.

Cuando los usuarios regresan al diseño después de un período de no usarlo, la *memorabilidad* tiene en cuenta con *qué* facilidad pueden restablecer la habilidad y fácil uso que se tenía cuando se usaba anteriormente.

La usabilidad no busca solamente responder a preguntas como *¿cuántos errores cometen los usuarios?* o *¿qué tan graves son estos errores?*, si no que identifica una *tolerancia a errar* que busca responder a con *qué* facilidad pueden recuperarse los usuarios de los errores que cometen.

Y, por último, la *satisfacción* describe *qué tan agradable* es usar en general el sistema para un usuario.

Cuando se encuentran por primera vez con una interfaz, los usuarios deben poder orientarse con la suficiente facilidad para lograr los objetivos sin depender de conocimientos externos o expertos. Un diseño con alta usabilidad guía a los usuarios por la ruta más fácil y menos laboriosa. Por lo tanto, el diseño debe aprovechar una comprensión profunda de los contextos de los usuarios. Para hacer eso, debe adaptarse a sus limitaciones, como su entorno, las posibles distracciones y la carga cognitiva que se genera al usar el sistema [78].

2.1.9. Deseabilidad

La deseabilidad involucra todos los elementos de imagen, diseño e identidad que provocan emociones de apreciación y atracción en el usuario hacia el sistema [75]. Sin embargo, este nivel no se limita a la estética o a los diseños visualmente atractivos, si no que busca, de forma imperativa, definir el contexto de un usuario cuando este realiza una tarea para hacer el sistema *deseable*. Un producto *deseable* debe involucrar a los usuarios en relación con su contexto, entorno y su intención al usar el producto, para que exista un deseo de adquirir y usar el sistema [81].

La deseabilidad es un factor clave de selección del usuario cuando múltiples productos tienen el mismo nivel de utilidad y usabilidad [75].

2.1.10. Experiencia de Marca

En términos generales, la experiencia de marca está fuera del control del diseñador de UX. No obstante, está íntimamente ligado a la deseabilidad. Por lo general, se trata de la percepción que tiene el usuario del producto o la marca en su conjunto. Por lo tanto, se realizan esfuerzos continuos para mantener una experiencia de marca sólida antes y después del lanzamiento del producto [75].

En pocas palabras, la experiencia de marca busca responder a ¿el usuario se siente bien con el producto y la organización que lo desarrolla?

2.1.11. Contexto

El contexto de uso, o contexto simplemente, es el conjunto de condiciones bajo las cuales un producto en específico es utilizado [82]. Este contexto incluye, pero no se limita a, el entorno social, el entorno económico, el entorno físico, la coexperiencia con otros usuarios, consideraciones técnicas, uso simultáneo de otros objetos o productos externos, que influyen en el uso del sistema y en el grado de satisfacción de los usuarios [83].

La calidad de uso del producto depende de la comprensión y la planificación de las características de los usuarios, las tareas y también del entorno físico en el que el sistema será utilizado, por lo tanto, la identificación del contexto es fundamental para la relación entre el usuario y el sistema.

Comprender el contexto de uso significa comprender las circunstancias en las cuales el producto va a ser usado [84].

La usabilidad de un producto depende de su contexto de uso [85]. Es por ello que en su definición se enfatiza que la usabilidad de un producto se ve afectada no solo por las características del mismo, sino también por las circunstancias en específico en las que el producto es usado. Por lo tanto, los productos deben ser diseñados para contextos en específico. También es importante mencionar que la medición de la usabilidad siempre debe realizarse en un contexto apropiado para obtener los resultados esperados. [83]

2.1.12. Distracción del Conductor

En general, el término *distracción* se ha definido como la desviación de atención de un objeto u evento por parte de un individuo, la cual es causada por alguna perturbación externa o la ejecución simultánea de otras actividades [33].

En un contexto más específico, la distracción del conductor es la desviación de atención al conducir, debido a que el conductor se enfoca temporalmente en un objeto, persona, tarea o evento no relacionado con la tarea principal, que corresponde a la conducción, lo que reduce la

conciencia del conductor, disminuye su capacidad de decisión y rendimiento, e incrementa así el riesgo de accidentes por esta causa [33, 86]. La distracción del conductor resulta en una atención insuficiente o nula a las actividades críticas para una conducción segura.

Aunque las fuentes de distracción del conductor pueden ser diferentes, los efectos adversos incluyen la disminución del desempeño al conducir, tiempos de reacción más lentos, más problemas para mantener el rumbo, una mayor cantidad de errores y un enfoque visual más limitado.

Como se mencionó en el Capítulo 1, la distracción puede provenir de diversas fuentes que pueden encontrarse en el exterior o en el interior del vehículo. Aquellos eventos distractores ubicados en el exterior del vehículo, también conocidos como *fuentes externas*, pueden producirse por la desviación de atención del conductor al observar objetos externos, ya sean edificios, vallas publicitarias, y demás. Por otro lado, las *fuentes internas*, es decir, aquellas que se encuentran dentro del vehículo, incluyen actividades como hablar con otro pasajero, hacer uso del teléfono móvil, conectar algún dispositivo a través de *Bluetooth*, comer, tomar algo e inclusive maquillarse mientras se conduce, manipular el sistema *infotainment* para ejecutar tareas como sintonizar una estación de radio, reproducir música por medio del reproductor de CD, entre muchas otras.

En [86] se indica que los conductores de automóviles dedican alrededor del 25-30% del tiempo total de conducción a actividades que distraen, lo que puede traer consigo una probabilidad mayor de accidentes por esta causa.

Los sistemas *infotainment* son un ejemplo claro de cómo la incorporación de nuevas tareas en el vehículo puede generar distracción al conductor [87]. La distracción por este tipo de sistemas puede aumentar aún más por la ejecución de tareas simultáneamente, pues esta acción causa una competencia por los recursos cognitivos entre las diferentes actividades y esta competencia produce un incremento en la desviación de la atención del conductor [41].

Debido a que la conducción es una actividad variada y compleja, no es factible definir un modelo normativo de cómo los conductores deben prestar atención a la carretera y, por lo tanto, es difícil evaluar el grado en que existe una distribución inadecuada de la atención [41].

Esta desviación de atención puede clasificarse en diferentes categorías, incluyendo distracciones visuales, manuales, auditivas y cognitivas. Las distracciones visuales suceden cuando el conductor desvía su atención apartando la vista de la carretera, las distracciones manuales ocurren cuando una o ambas manos se encuentran desprendidas del volante, las distracciones auditivas son ocasionadas por sonidos como una llamada telefónica o la sirena de una ambulancia, y por último, las distracciones cognitivas se presentan cuando el conductor realiza tareas que requieren de procesamiento de información a tal nivel que se reduce su atención significativamente de la tarea principal, la cual es manejar. En general, estos cuatro tipos de distracción rara vez ocurren de forma aislada, sino que, por el contrario, suceden simultáneamente y se generan relaciones de composición y asociación entre ellas [13].

2.1.13. Carga de Trabajo Mental

La carga de trabajo mental puede definirse como la cantidad de recursos mentales, cognitivos e intelectuales que requiere la realización de una tarea [88]. Esta carga es un constructo multidimensional que hace referencia a la habilidad de una persona para enfrentarse con las demandas impuestas por el procesamiento de información de una tarea o un sistema (e.g. memoria, atención) [89]. Este constructo multidimensional también abarca las características de la persona (e.g. nivel educativo, autoeficacia) y las características de la situación y el contexto (e.g. presión temporal, situación de riesgo).

La carga de trabajo mental también puede definirse como el conjunto de tensiones inducidas en una persona por las exigencias de trabajo mental al ejecutar una tarea que implica fundamentalmente de procesos cognitivos, de procesamiento de información y de la duración de esfuerzo mental en términos de concentración, atención, memoria, coordinación de ideas, toma de decisiones, etc. [90].

La carga de trabajo es un constructo hipotético que representa el costo en el que incurre un usuario para lograr un nivel básico de desempeño. La carga de trabajo subjetiva de un usuario u *operador* resume las influencias de muchos factores, no solamente de las demandas objetivas impuestas por la tarea. Por lo tanto, se puede afirmar que la carga de trabajo no es una propiedad inherente, sino que surge de la interacción entre los requisitos de la tarea, las circunstancias en las que se realiza, y las habilidades, comportamientos y percepciones del usuario [91].

Esta carga puede segmentarse en tres atributos funcionalmente relacionados: carga de entrada o *input load*, esfuerzo del operador u *operator effort*, y rendimiento o *performance* [92].

La carga de entrada incluye los factores o eventos externos al usuario. Las mejores fuentes de carga de entrada pueden dividirse en tres categorías: ambientales (e.g. ruido, vibraciones externas, temperatura, etc.), inducidas por el diseño o situacionales (e.g. diseño de la interfaz, diseño de los elementos de control, estado de la pantalla, etc.), y procedimentales (e.g. secuencia de las tareas, duración de las actividades, etc.).

El esfuerzo del operador es interno al usuario y puede comprender aspectos relacionados con la experiencia del individuo, la personalidad, la motivación, eventos pasados, etc., e incluso puede verse influenciado por la carga de entrada y los requerimientos de rendimiento.

Por último, el rendimiento corresponde a las salidas de información generadas intencionalmente por el operador humano, que sirven como entradas para otros componentes de un sistema hombre-máquina y pueden proporcionar retroalimentación sobre la adecuación del esfuerzo. En otras palabras, es el resultado que se obtiene de realizar una tarea, teniendo en cuenta todos los factores de la carga de entrada y el esfuerzo del operador.

En la Figura 8 se puede observar de manera gráfica la relación entre los atributos de la carga de trabajo mental.

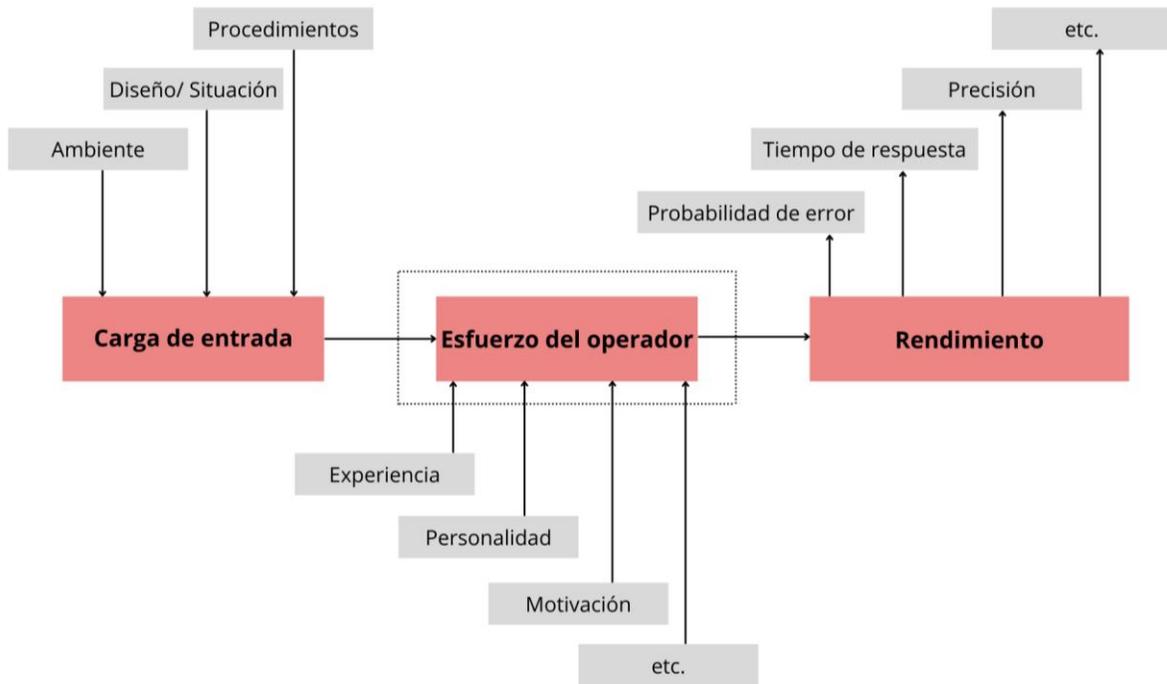


Figura 8. Atributos de la carga de trabajo mental [92]

2.1.14. Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario

Los patrones de diseño de interfaces de usuario son un conjunto de soluciones probadas que resuelven problemas de diseño recurrentes y comunes, que ocurren en un contexto en específico [38]. Estos patrones son los puntos de referencia estándares para los diseñadores de interfaces de usuario.

Algunas de las definiciones de este tipo de patrones incluyen las siguientes:

- Una forma, plantilla o modelo o, de manera más abstracta, un conjunto de reglas que se pueden usar para hacer o generar cosas o partes de la misma [49].
- Una solución general repetible para un problema común [49].
- Una solución invariante para abordar un problema de diseño recurrente dentro de un contexto específico [93].
- Una solución general repetible para un problema de usabilidad común en el diseño de interfaz o diseño de interacción [49].
- Una regla de tres partes que expresa una relación entre un determinado contexto, un problema y una solución [94].

Retomando la última definición, en [94] se establece que cada patrón tiene tres elementos esenciales, que son: un contexto, un problema y una solución. El contexto describe un conjunto recurrente de situaciones en las que se puede aplicar el patrón. El problema se refiere a un conjunto de *fuerzas* como metas y limitaciones, que ocurren en el contexto. Generalmente, el problema describe *cuándo* usar el patrón. Por último, la solución se refiere a una forma o regla de diseño que se puede aplicar para resolver las mencionadas fuerzas. Adicionalmente, la solución describe los elementos que constituyen el patrón, las relaciones entre estos elementos, así como las responsabilidades y especificaciones de su aplicación.

La Figura 9 enseña los 3 elementos esenciales que componen un patrón de diseño de acuerdo con [92].

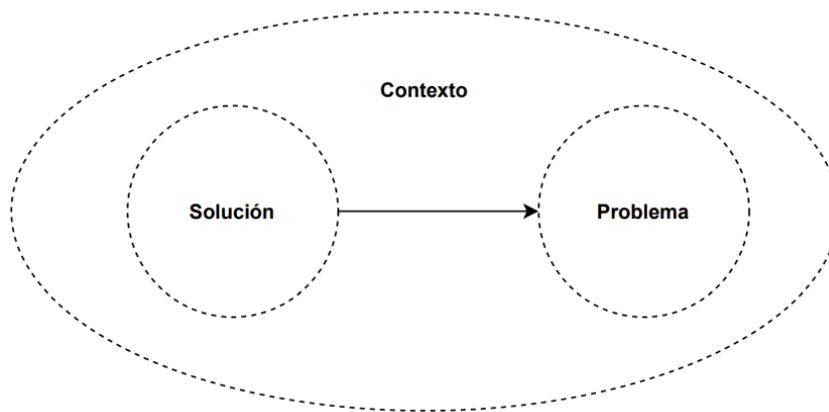


Figura 9. Elementos de un patrón de diseño de acuerdo con [94]

Los patrones de diseño están orientados a problemas, son concretos y precisos para un mejor entendimiento por parte de los diseñadores principiantes, están orientados al contexto y promueven la reutilización. Igualmente, son un medio intuitivo para documentar el conocimiento de diseño y las mejores prácticas, son sencillos y legibles para diseñadores, desarrolladores y otras partes interesadas y, por lo tanto, deben presentarse en un lenguaje claro para los distintos lectores. Estos patrones capturan los principios esenciales para un buen diseño, dándole a conocer al diseñador *qué hacer y por qué hacerlo*, pero al tiempo, son lo suficientemente genéricos como para permitir diferentes implementaciones.

En esencia, los patrones dan una solución invariable a un problema y son lo suficientemente abstractos como para basarse en los elementos comunes que se mantienen entre todas las instancias de la solución resultante. Lo notable de los patrones de diseño es que son tanto concretos como abstractos al mismo tiempo. Son lo suficientemente concretos como para proporcionar soluciones sólidas a problemas de diseño, que se pueden poner en práctica de inmediato, y, por otro lado, son lo suficientemente abstractos como para aplicarse a diferentes situaciones [49].

2.2. Trabajos Relacionados

En esta sección se presentan algunas de las recomendaciones, directrices y principios utilizados a nivel global para el diseño de interfaces de usuario de sistemas *infotainment*, así como trabajos destacados acerca de patrones de diseño de este tipo de sistemas y de la distracción del conductor.

2.2.1. Recomendaciones, directrices y principios de diseño de sistemas *infotainment*

Durante las últimas décadas, entidades gubernamentales internacionales y fabricantes de equipos originales del sector automotriz han publicado distintas directrices y principios de diseño que buscan facilitar la interacción con sistemas *infotainment* de vehículos y precisar ciertas características de las interfaces humano-máquina automotrices para garantizar tanto una buena experiencia de usuario como una seguridad vial adecuada. Las publicaciones más reconocidas han sido desarrolladas por la Comisión Europea (CE) [95], la Asociación Japonesa de Fabricantes de Automóviles (JAMA) [96], la Alianza de Fabricantes de Automóviles (AAM) [97] y la NHTSA [98].

La CE ha emitido una serie de recomendaciones de diseño condensadas en el documento de la “Declaración Europea de Principios sobre HMI”, referido comúnmente como ESoP (*European Statement of Principles on HMI*) [42]. El ESoP, actualizado por última vez en el año 2013, comprende aspectos de seguridad que deben considerarse para el diseño de las Interfaces Humano-Máquina (HMI) de los sistemas *infotainment* de los vehículos, y está formado por tres principios generales de diseño sobre la interacción humano-máquina y 32 principios que abarcan las áreas de instalación del sistema, presentación de la información, interacción con pantallas y controles, comportamiento del sistema e información sobre el sistema.

Las “Directrices de Diseño para Sistemas *Display* en Vehículos” [43] en su tercera versión publicada por la JAMA en el año 2004, reúne 4 principios básicos y 25 requisitos específicos para que el diseño de las interfaces de sistemas de visualización en los vehículos garantice al usuario el uso seguro de las distintas funcionalidades mientras este conduce. Las principales áreas en las que se agrupan los requisitos incluyen: la instalación del sistema, las funciones del sistema, la operación del sistema mientras el vehículo está en movimiento y la presentación de información a los usuarios.

La “Declaración de principios, criterios y procedimientos de verificación sobre las interacciones del conductor con sistemas avanzados de información y comunicación en el vehículo” [99] desarrollados por la AAM estadounidense (2006), expone 24 principios de diseño agrupados en 5 secciones: principios de instalación, principios de presentación de la información, principios sobre interacciones con pantallas/controles, principios del comportamiento del sistema y principios de información acerca del sistema.

Entre las múltiples publicaciones de la NHTSA relacionadas con el diseño de interfaces de sistemas *infotainment*, se destacan para el presente trabajo, las “Directrices para reducir la distracción visual-manual del conductor durante las interacciones con dispositivos electrónicos integrados en el vehículo” (2013) [100], correspondiente a la Fase I de las directrices relacionadas a la distracción del conductor. Esta primera fase aplica para los dispositivos electrónicos del vehículo utilizados por el conductor para realizar tareas secundarias (comunicaciones, entretenimiento, navegación, etc.) a través de medios visuales y/o manuales. En el documento se listan ciertas tareas secundarias que la agencia identifica que interfieren de manera inherente con la capacidad del conductor para controlar el vehículo de manera segura y se especifica un método de prueba para medir el “comportamiento de la mirada” (*eye glance behavior*) durante la realización de dichas tareas. La Fase II de las directrices (2016) [101], aborda la distracción visual-manual producida por la interacción con dispositivos portátiles y de posventa, y la Fase III (aún en construcción), abordará la distracción del conductor producida por interfaces auditivas basadas en la interacción por voz [102].

2.2.2. Patrones de diseño de sistemas *infotainment*

Por otro lado, en la búsqueda de literatura de patrones de diseño existentes, se encontró un conjunto de patrones de diseño aplicados al dominio automotriz y con un enfoque en la experiencia de usuario dentro del vehículo. Esta propuesta se describe en [103], donde un grupo de investigadores del área de HCI trabajan junto a ingenieros y diseñadores de la industria automotriz, para presentar un conjunto de 8 patrones de diseño de UX en el vehículo que ofrecen soluciones a problemas recurrentes en el diseño de interacciones humano-vehículo. Las problemáticas afrontadas en estos patrones incluyen: la profundidad del menú y número de opciones en las interfaces de los sistemas, el tamaño del campo táctil de la pantalla, el diseño de advertencias e información auditiva, la elección de la mejor modalidad para la visualización de advertencias, el tiempo de respuesta del sistema al interactuar por modo táctil, el tamaño de los iconos presentados en pantalla, la elección de colores adecuados para la visualización en pantalla, y la preferencia de uso de pantallas táctiles o botones físicos.

2.2.3. Distracción del conductor

Finalmente, se destacan algunas investigaciones recientes acerca de la distracción del conductor generada por la interacción con sistemas *infotainment* en el vehículo.

En [104] se evalúa la demanda visual y cognitiva experimentada por conductores al usar sistemas *infotainment* en función de diferentes tipos de tareas secundarias (e.g. audio-entretenimiento, llamadas y marcación, mensajes de texto y navegación), variando los modos de interacción (e.g. por voz, por pantalla táctil, por botones y/o rueda giratoria) y experimentando en distintos vehículos. Del estudio realizado, los autores concluyen que, en relación con las tareas secundarias, tanto la mensajería de texto como la navegación, se asocian con niveles altos de demanda. Por otro lado, con relación a los modos de interacción, las interacciones usando la

pantalla táctil exigieron menor demanda que las interacciones auditivo-vocales, que a su vez eran menos exigentes que las interacciones manuales en la consola central. Por último, con relación a los vehículos utilizados, 15 de ellos puntuaron niveles significativamente altos de demanda cognitiva, visual y subjetiva.

En [3] los autores proponen un diseño minimalista para sistemas *infotainment* que busca ayudar a reducir la distracción del conductor al proporcionar modos redundantes de interacción que se asimilan a la interacción humano-humano. El sistema diseñado permite una interacción multimodal que le da flexibilidad al sistema para aprovechar el modo (voz, tacto o texto) o la combinación de modos más adecuados según la tarea, el entorno o las preferencias del usuario. Adicionalmente, para optimizar la interacción, el diseño busca un equilibrio en el número de funcionalidades ofrecidas por el sistema para que el conductor pueda navegar por las interfaces en el menor número de pasos posible. Según el experimento de los autores, la interacción multimodal produjo menor distracción al conductor que el modo de interacción únicamente por voz y ayudó a reducir el tiempo en el que el conductor desviaba la mirada de la carretera. Además, el diseño minimalista aumentó la facilidad de uso del sistema y la seguridad del conductor.

En la investigación presentada en [105], los autores evaluaron y compararon 5 sistemas *infotainment* nativos (i.e. *HondaLink*, *SYNC 3*, *MyLink*, *UVO* y *Uconnect*) con los de *Apple CarPlay*® y *Android Auto* cuando se usan en los mismos vehículos. La comparación se hizo en términos de la demanda cognitiva, demanda visual y carga de trabajo subjetiva experimentada por los conductores al realizar distintos tipos de tareas secundarias (e.g. entretenimiento, marcación, mensajería de texto y navegación) en dichos sistemas. Según el experimento realizado, las pruebas que se hicieron en *CarPlay* y *Android Auto* resultaron en niveles más bajos de carga de trabajo del conductor que las pruebas realizadas en la parte nativa de los sistemas *infotainment* de fabricantes de equipos originales. Aunque la demanda general no difirió entre *CarPlay* y *Android Auto*, ambos incurrieron en niveles de demanda moderadamente altos, lo cual proporciona oportunidades de mejora sobre la experiencia de usuario para ambos sistemas según proponen los autores.

El trabajo realizado en [106] propone una plataforma de demostración para automóviles inteligentes cuyo objetivo es evitar la distracción del conductor al interactuar con aplicaciones de terceros integradas al vehículo. Esta es una propuesta enfocada en el paradigma de interacción humano-computador para el desarrollo de vehículos inteligentes, donde los investigadores presentan una interfaz de usuario ubicada en frente del conductor en una pantalla transparente en el parabrisas, que permite que el conductor mantenga la cabeza en alto y los ojos enfocados en la carretera, junto a un diseño de interacción en el vehículo que enfatiza un marco de interacción intuitivo que no interfiera con la conducción del vehículo. Según los autores, la interfaz de diseño intuitivo en esa ubicación y la interacción con aplicaciones mediante comandos de voz y gestos frente a la pantalla transparente, permite que el conductor del automóvil inteligente pueda manipular las aplicaciones integradas sin causar distracciones o limitando su tiempo de respuesta.

Por último, en [107] los autores evalúan una interfaz multitáctil para sistemas *infotainment* que potencialmente podría requerir menor atención visual y, por lo tanto, reducir la distracción del conductor y aumentar la seguridad al conducir. La interfaz multitáctil reconoce simultáneamente múltiples puntos de contacto y está diseñada de manera que, para utilizar cualquier comando, el conductor coloca tres dedos en cualquier lugar de la pantalla, y el sistema detecta sus ubicaciones absolutas y relativas y se adapta a ellas, lo cual reduce la necesidad del conductor de mirar la pantalla para buscar espacialmente botones táctiles específicos. Los autores compararon dicha interfaz con una interfaz comúnmente utilizada, en una prueba donde los participantes debían realizar tareas secundarias mientras conducían e identificar ciertos escenarios peligrosos que se presentaban durante el recorrido. Los resultados de la investigación evidenciaron que los participantes que utilizaron la interfaz multitáctil necesitaron menos tiempo para completar cada tarea y fueron más rápidos para identificar los peligros potenciales a su alrededor, además de reportar una menor carga de trabajo subjetiva.

2.3. Brechas Existentes

La revisión de literatura evidencia la existencia de diversos principios, directrices y recomendaciones para el diseño de interfaces de usuario de sistemas *infotainment* en vehículos, como las desarrolladas en Europa [42], Japón [43] y Estados Unidos [99-102]. Sin embargo, no se encontraron publicaciones de este tipo en el **contexto latinoamericano**, donde se haya tenido en cuenta el modelo mental de conductores de estas regiones y la influencia que tiene la cultura sobre la percepción, actitud y preferencias de los conductores respecto a las interfaces de usuario del vehículo. Estas consideraciones son primordiales en el área de la interacción humano-computador, especialmente en el diseño centrado en el usuario, que se enfoca en tener una comprensión explícita de las necesidades del usuario, las tareas que va a realizar y las características del entorno y contexto en el cual se utilizará el sistema, además de involucrar al usuario durante el proceso de diseño y desarrollo [108]. Esta comprensión explícita del usuario, sus requerimientos y su entorno, ayuda a los diseñadores a tener un mejor entendimiento de su modelo mental y, como se mencionó anteriormente en la sección 2.1.5., entre menor sea la brecha entre el modelo mental del diseñador y el modelo mental del usuario, las probabilidades de que se presente una experiencia de usuario positiva será mayor, debido a que se previenen errores de uso y la navegación del usuario por el sistema se da de una forma más intuitiva [59].

Por otro lado, el conjunto de patrones de diseño descrito en [103] fue construido a partir del análisis de problemas recurrentes de diseño reportados por diseñadores que trabajan en ese área, así como el uso de literatura, sin embargo, no se encontraron propuestas de patrones de diseño de interfaces de usuario construidos a partir de problemas recurrentes identificados en estudios **empíricos** realizados con conductores.

Capítulo 3

3. Fase de Exploración

En este capítulo se presenta la planeación, ejecución y análisis de resultados de la Fase de Exploración.

Contenido

- 3.1. Planeación de la Fase de Exploración
- 3.2. Ejecución de la Fase de Exploración
- 3.3. Análisis de Resultados de la Fase de Exploración



Luego de haber consolidado el análisis de trabajos relacionados, una de las principales brechas descritas fue la poca documentación encontrada en el contexto latinoamericano. En búsqueda de obtener un conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario basados en el modelo mental de usuarios colombianos, lo primero debe ser entender cómo interactúan este tipo de conductores con los sistemas *infotainment* y de tal forma, poder identificar y caracterizar su comportamiento. La Fase de Exploración surgió como iniciativa para poder encontrar las buenas prácticas, patrones de comportamiento y puntos de dolor por parte de los usuarios mientras ejecutaban tareas secundarias en el vehículo, y de esta forma, tener un punto de referencia para comenzar a desplegar la construcción de los patrones de diseño.

La Fase de Exploración tuvo una duración aproximada de 10 semanas, y estuvo dividida en tres etapas que permitieron una ejecución ordenada de la actividad. En primer lugar, se realizó una **Fase de Planeación**, en donde se definieron todos los factores a tener en cuenta durante y después de la exploración con los usuarios. Luego, se realizó una **Fase de Ejecución**, donde se desarrollaron todas las actividades definidas en la primera fase y se recolectaron los datos relacionados con el comportamiento de los participantes frente a las pruebas realizadas. Por último, se efectuó una **Fase de Análisis de Resultados**, la cual consistió en convertir estos datos en información relevante para poder construir el conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario. En la Figura 10 se observa el flujo de las etapas de la Fase de Exploración, así como el tiempo aproximado que conllevó el desarrollo de cada una.

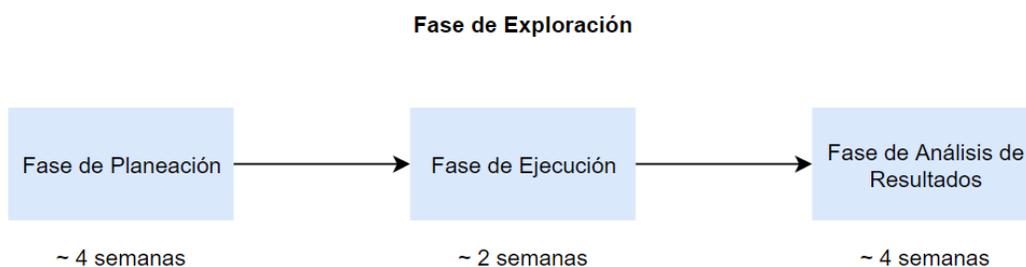


Figura 10. Etapas de la Fase de Exploración

3.1. Planeación de la Fase de Exploración

Como se mencionó previamente, el primer paso llevado a cabo en la Fase de Exploración corresponde a la planeación. El objetivo de esta primera etapa era consolidar cada uno de los detalles relevantes durante y después de la ejecución de las pruebas, incluyendo factores como las características de los participantes, las tareas secundarias a evaluar, las métricas que se iban a tener en cuenta en estas evaluaciones, las técnicas que se iban a utilizar para caracterizar el comportamiento de los conductores, entre otros.

La Figura 11 resume las actividades principales de la Planeación de la Fase de Exploración. Seguidamente de la Figura 11, se encuentra una explicación detallada de cada actividad entre las secciones 3.1.1 y 3.1.5.

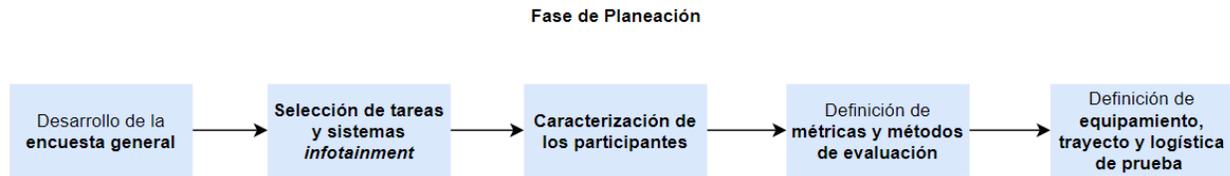


Figura 11. Actividades de la Planeación de la Fase de Exploración

Cabe mencionar que, para la realización de la Fase de Exploración, incluyendo la planeación de la misma, se tomaron en cuenta diversos aspectos de la metodología de una evaluación de usabilidad descrita en [109].

3.1.1. Encuesta general

Como actividad inicial, se construyó una encuesta en línea con el objetivo de recolectar información acerca de la frecuencia de uso de los sistemas *infotainment* en el contexto colombiano, las edades que hacen mayor uso de estas tecnologías, y también entender cuáles son las tareas secundarias realizadas con mayor frecuencia dentro del vehículo y aquellas que según los participantes de la encuesta, requieren de mayor esfuerzo de atención mientras conducen. Cabe mencionar que, las encuestas son una de las técnicas más utilizadas en la línea de investigación de HCI [110], especialmente en el UCD, para poder obtener la opinión de un alto número de individuos en un tiempo relativamente corto.

El formulario de la encuesta fue realizado en Google Forms, un software de administración de encuestas ofrecido por Google [111], y consistía de las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es su edad?

Respuesta: _____

2. ¿Qué tan frecuente utiliza el tablero/dashboard/pantalla central del vehículo? (ver imagen)

Se incluyó una imagen de un sistema infotainment.

- Siempre que estoy en el vehículo
- Con mucha frecuencia
- Con baja frecuencia
- Nunca

3. ¿Cuáles de las siguientes actividades realiza de manera frecuente al conducir?

- Hacer una llamada telefónica desde la pantalla del vehículo
- Contestar una llamada telefónica desde la pantalla del vehículo
- Sintonizar una estación de radio
- Conectar su celular al vehículo a través de Bluetooth
- Escuchar música por Bluetooth
- Escuchar música por CD
- Escuchar música por cable auxiliar
- Hacer uso del sistema de navegación del vehículo
- Buscar información del vehículo desde la pantalla
- Cambiar las configuraciones del vehículo (e.g. idioma, hora, fecha, preferencias, etc.)
- Conectar alguna aplicación de Internet directo desde el vehículo (*Spotify*[®], *Deezer*, *Apple Music*, *podcasts*, etc.)
- Redactar un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo
- Otros: _____

4. ¿Cuáles de las siguientes actividades considera que requieren de mayor esfuerzo de atención para realizar mientras conduce?

- Hacer una llamada telefónica desde la pantalla del vehículo
- Contestar una llamada telefónica desde la pantalla del vehículo
- Sintonizar una estación de radio
- Conectar su celular al vehículo a través de Bluetooth
- Escuchar música por Bluetooth
- Escuchar música por CD
- Escuchar música por cable auxiliar
- Hacer uso del sistema de navegación del vehículo
- Buscar información del vehículo desde la pantalla
- Cambiar las configuraciones del vehículo (e.g. idioma, hora, fecha, preferencias, etc.)
- Conectar alguna aplicación de Internet directo desde el vehículo (*Spotify*[®], *Deezer*, *Apple Music*, *podcasts*, etc.)
- Redactar un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo
- Otros: _____

En el siguiente enlace se puede acceder al formulario desplegado en Google Forms: <https://forms.gle/jKb4sWdHLrYjR9yY8>.

Luego de compartir el formulario, se obtuvo la respuesta de 91 participantes con edades en un rango amplio (18 hasta 60 años). Cabe mencionar que todos los participantes a los que se les compartió la encuesta debían contar una frecuencia de uso del vehículo mayor o igual a 3 veces por semana, para poder obtener respuestas de conductores frecuentes y no datos atípicos. Dentro de las conclusiones principales de la encuesta se encuentran las siguientes:

- El ~90% de los encuestados entre las edades de 18 y 29 años reportan hacer uso de los sistemas *infotainment* siempre que están en el vehículo o al menos con mucha frecuencia (Figura 12). Con esta información se puede concluir que el segmento de usuario más relevante en términos de frecuencia de uso del sistema para las pruebas deben ser los conductores entre este rango de edad.

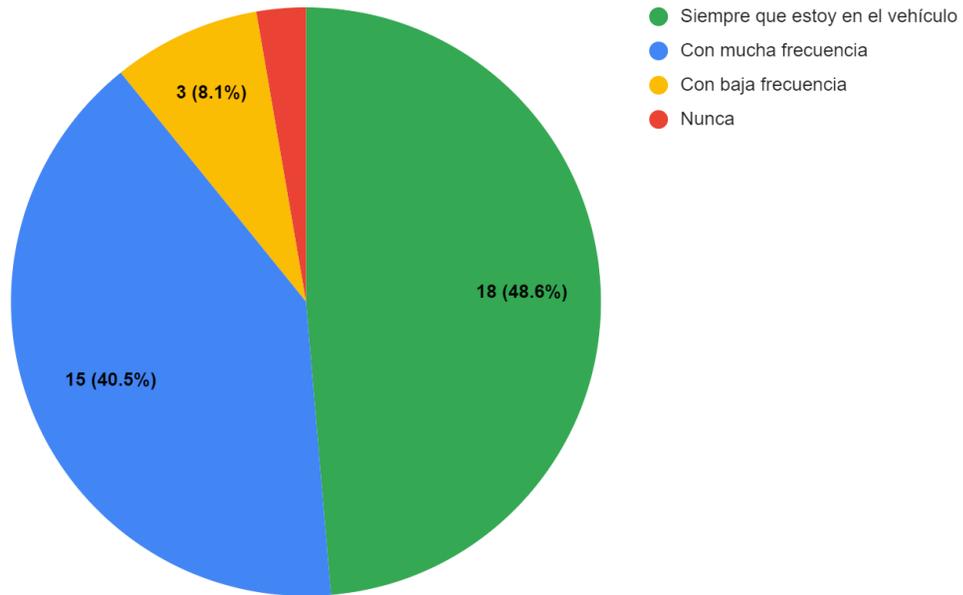


Figura 12. Respuestas de la pregunta 2 de los encuestados entre 18 y 29 años

- El 100% de los encuestados entre las edades de 50 y 60 años reportan tener una baja o nula frecuencia frente al uso de los sistemas *infotainment* (Figura 13), por lo que no serían los usuarios más adecuados para este estudio en particular, pues el primer acercamiento de este trabajo estaría enfocado en los usuarios que hacen uso regular de estos dispositivos para encontrar problemas de usabilidad y no únicamente de aprendibilidad.

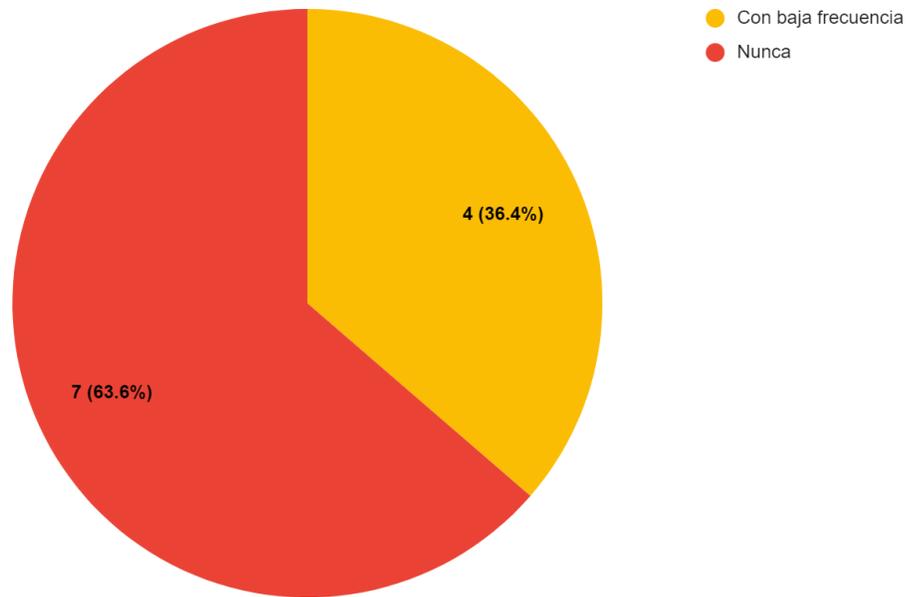


Figura 13. Respuestas de la pregunta 2 de los encuestados entre 50 y 60 años

- Como información general, la Figura 14 muestra los resultados de la pregunta 2 de la encuesta para los participantes de todos los rangos de edad. ~28% de los encuestados afirmaron utilizar el sistema *infotainment* siempre que están en el vehículo, ~31% con mucha frecuencia, ~21% con baja frecuencia y ~20% nunca.

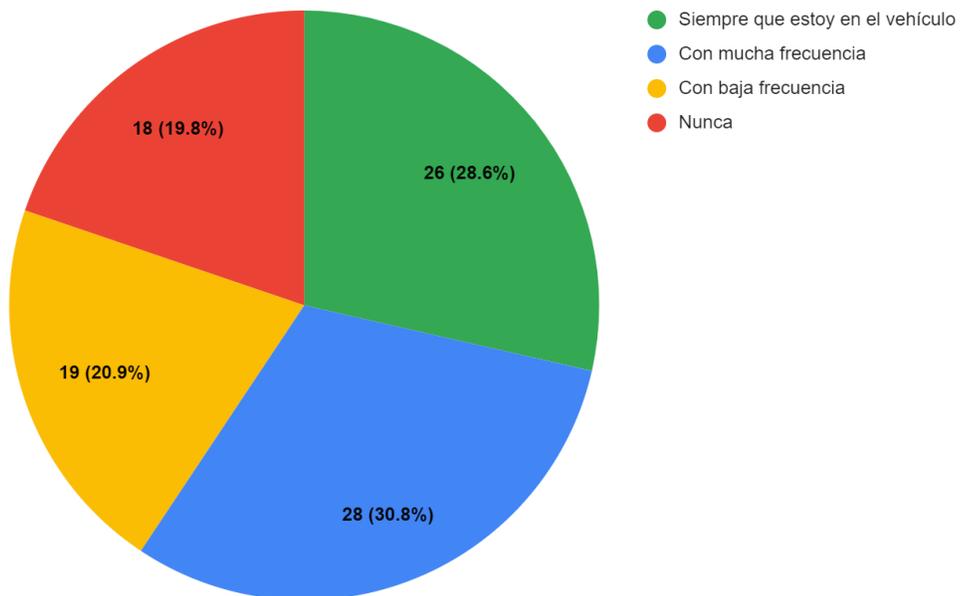


Figura 14. Respuestas de la pregunta 2 de **todos** los encuestados

- Las 5 actividades que se realizan con mayor frecuencia, de acuerdo con los participantes de la encuesta, respectivamente son: contestar una llamada desde la pantalla del vehículo, sintonizar una estación de radio, hacer una llamada telefónica desde la pantalla del vehículo, conectar su celular al vehículo a través de Bluetooth, y escuchar música por Bluetooth (Figura 15).

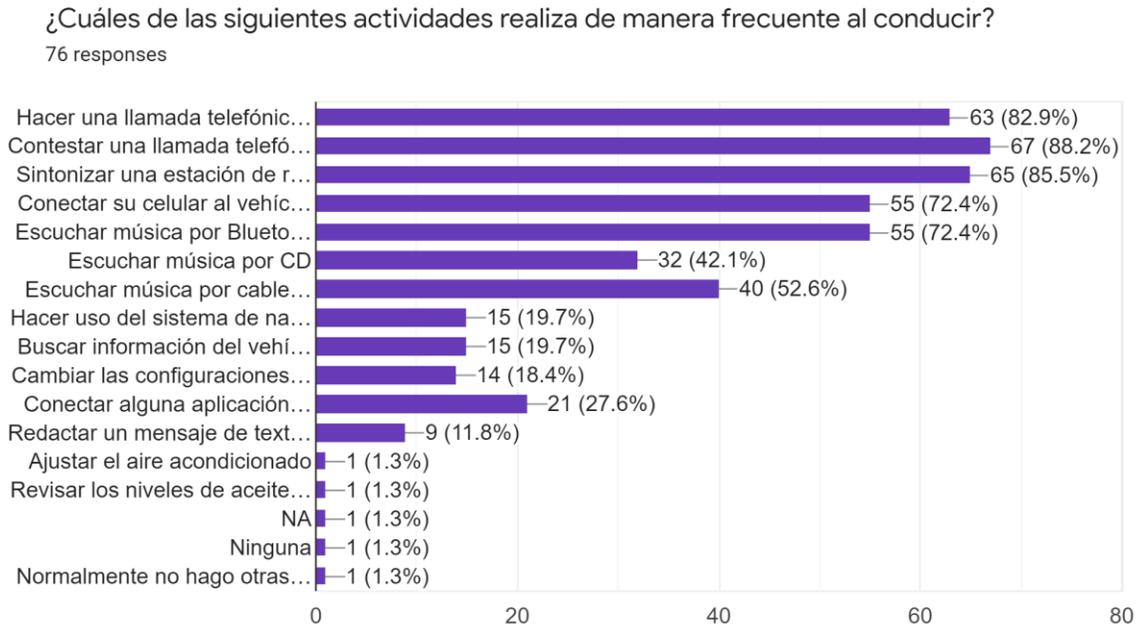


Figura 15. Respuestas de la pregunta 3 de todos los encuestados

- Así mismo, las 5 actividades que mayor esfuerzo de atención requieren, de acuerdo con los participantes de la encuesta, respectivamente son: redactar un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo, cambiar las configuraciones del vehículo, conectar su celular al vehículo a través de Bluetooth, hacer uso del sistema de navegación del vehículo y, hacer una llamada telefónica desde la pantalla del vehículo (Figura 16).

¿Cuáles de las siguientes actividades considera que requieren de mayor esfuerzo de atención para realizar mientras conduce?

82 respuestas

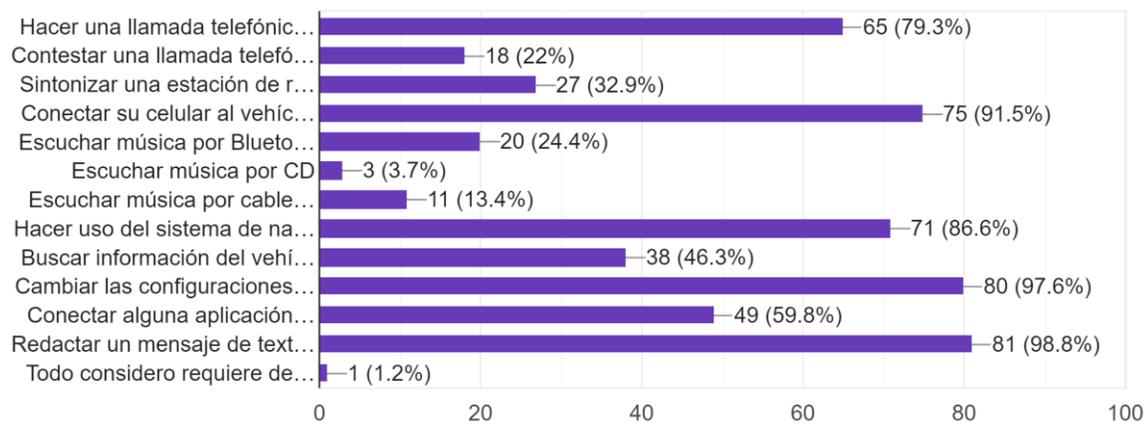


Figura 16. Respuestas de la pregunta 4 de todos los encuestados

Los principales *outputs* de esta primera actividad fueron determinar un rango de edad justificado para seleccionar a quiénes fueran a ser los participantes de la Fase de Exploración, así como tener visibilidad de las tareas realizadas con mayor frecuencia en el contexto colombiano.

3.1.2. Selección de las tareas y sistemas *infotainment*

Como se mencionó, la encuesta realizada sirvió como un punto de partida para obtener información de primera acerca del uso de los sistemas *infotainment* en el contexto colombiano. Ahora bien, de acuerdo con la metodología sugerida en [109], se debe identificar con claridad el objetivo de la prueba, para que, con base en ello, se defina qué es lo que se va a evaluar.

Retomando el objetivo principal de la Fase de Exploración, la prueba tiene como propósito principal, caracterizar el comportamiento de conductores frente a la ejecución de tareas en el sistema *infotainment* que puedan generar distracciones en el vehículo. Para ello, lo primero a responder sería: ¿cuáles son esas tareas?

Las tareas para la Fase de Exploración fueron seleccionadas tomando como referencia aquellas actividades que los participantes de la encuesta de la sección 3.1.1. reportaron como más frecuentes y aquellas que requerían de mayor esfuerzo de atención. Adicionalmente, la selección también se basó en las tareas realizadas en otras pruebas similares descritas en [36,39,112-116], que en su mayoría, coincidían con las mencionadas en la encuesta.

En total, para la Fase de Exploración, se seleccionaron 10 tareas, las cuales son especificadas a continuación:

1. Conectar el teléfono móvil al vehículo a través de Bluetooth.
2. Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo.
3. Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo.
4. Reproducir una canción a través de Bluetooth.
5. Sintonizar una estación de radio FM en específico.
6. Buscar información específica del vehículo.
7. Configurar el idioma del sistema.
8. Enviar un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo.
9. Recibir un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo.
10. Establecer una ruta de navegación.

Ahora, un factor importante a tener en cuenta en esta Fase de Exploración, es que el objetivo no es medir la usabilidad de un sistema *infotainment* en específico, sino caracterizar el comportamiento de usuarios frente a la ejecución de tareas secundarias, sin importar el sistema en particular que se esté utilizando. Para ello, se propuso realizar la prueba en dos sistemas *infotainment* diferentes, uno de ellos nativo y otro como plataforma de duplicación. Un sistema *infotainment* nativo hace referencia al sistema que por defecto incluye el vehículo, mientras que una plataforma de duplicación hace referencia a un sistema instalado posteriormente a la compra del vehículo y que, por lo general, requiere de la conexión de un dispositivo móvil para su funcionamiento, como lo son Apple CarPlay® y Android Auto [114].

Para la Fase de Exploración se seleccionó un Mazda 3 modelo 2018 como vehículo de prueba. Este vehículo fue seleccionado por los siguientes factores. En primer lugar, Mazda es una de las 3 marcas de automóviles con mayor número de vehículos registrados en Colombia en el 2020 [117], lo que permitiría acercarse al estudio al contexto nacional. Por otro lado, el sistema *infotainment* nativo incluido en este modelo, el Mazda Connect™, fue clasificado como un sistema de alta demanda visual y cognitiva de acuerdo a una investigación conducida por el Centro para la Seguridad y la Tecnología de Conducción de la AAA [118], por lo que podría resultar en un mayor número de problemas identificados y así mismo, en una fuente de resultados más completa para la construcción de los patrones. Adicionalmente, este vehículo cuenta con la tecnología suficiente para la instalación adicional de otro sistema de duplicación, como lo es Apple CarPlay®.

Mencionado esto, y en búsqueda de obtener un análisis más amplio de la prueba, la lista final de las tareas fue la siguiente:

En Mazda Connect™:

1. **Tarea 1:** Conectar el teléfono móvil al vehículo a través de Bluetooth.
2. **Tarea 2:** Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo.
3. **Tarea 3:** Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo.
4. **Tarea 4:** Reproducir una canción a través de Bluetooth.
5. **Tarea 5:** Sintonizar una estación de radio FM en específico.
6. **Tarea 6:** Buscar la información relacionada con el sonido del vehículo.

7. **Tarea 7:** Configurar el idioma del sistema.

En Apple CarPlay®:

8. **Tarea 8:** Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo.

9. **Tarea 9:** Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo.

10. **Tarea 10:** Enviar un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo.

11. **Tarea 11:** Recibir un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo.

12. **Tarea 12:** Reproducir una canción a través de Spotify®.

13. **Tarea 13:** Establecer una ruta de navegación en Waze™.

Siguiendo la metodología sugerida en [119], luego de definir las tareas a realizar, se propone opcionalmente conducir un Análisis Jerárquico de Tareas o HTA. Un HTA es la descripción de una actividad en términos de sus objetivos, subobjetivos, operaciones y planes específicos, y su objetivo principal es registrar una lista detallada de metas o tareas asociadas de la actividad con un proceso específico que permita comparar el flujo regular que tendría la tarea con los pasos realizados por los usuarios en la prueba [120]. Generalmente, el HTA describe las subactividades de las tareas de manera gráfica, en un diagrama.

Para ello, se contactó a un conjunto de usuarios avanzados en los sistemas *infotainment* a prueba, para obtener información acerca del flujo regular de las tareas, así como los tiempos estimados de cada una de ellas para registrar una duración aproximada de la prueba total y tener puntos de comparación con los usuarios de la Fase de Exploración. Los usuarios avanzados se definieron como individuos con una experiencia mayor a 2 años con los sistemas Mazda Connect™ y Apple CarPlay®. Cabe mencionar que el flujo de las tareas fue obtenido con el vehículo estacionado, mientras que los tiempos estimados si se tomaron con los usuarios avanzados conduciendo.

El HTA de cada una de las tareas se especifica a continuación:

Tarea 1: Conectar el teléfono móvil al vehículo a través de Bluetooth (Mazda Connect™).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~39 segundos.

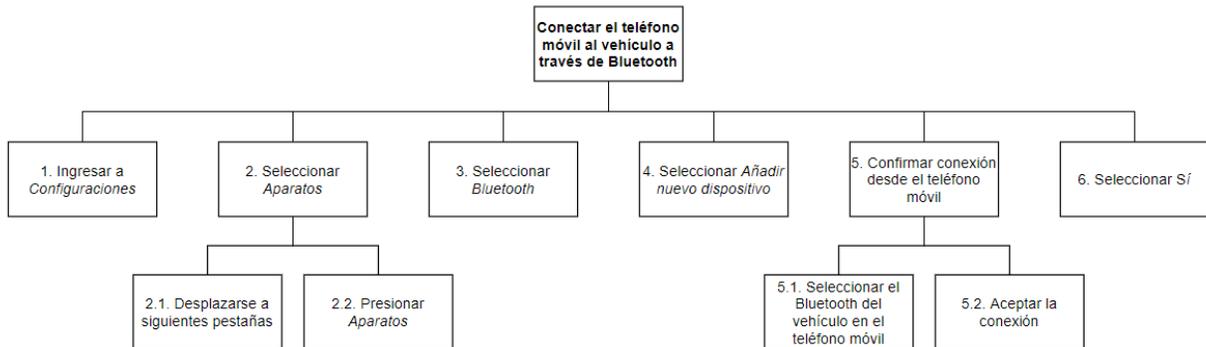


Figura 17. HTA de la Tarea 1

Tarea 2: Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Mazda Connect™).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~39 segundos.

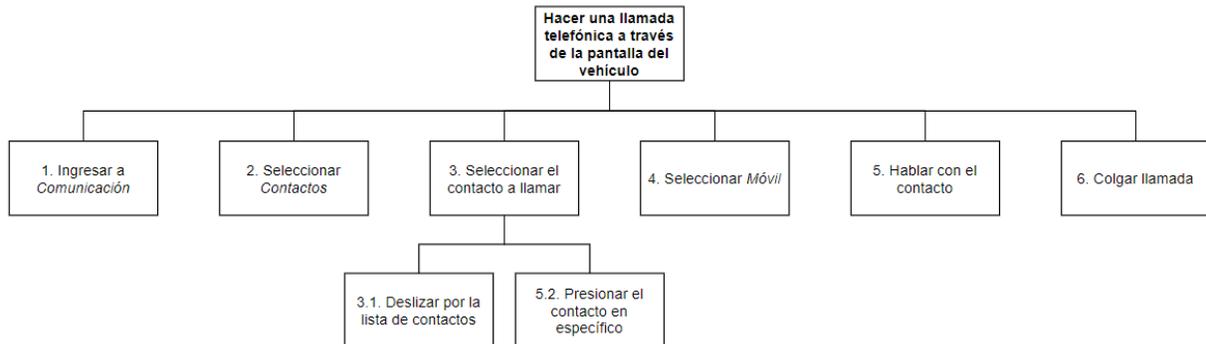


Figura 18. HTA de la Tarea 2

Tarea 3: Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Mazda Connect™).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~3 segundos.

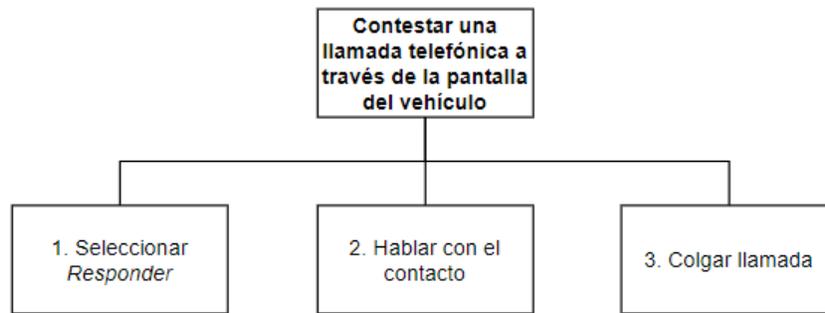


Figura 19. HTA de la Tarea 3

Tarea 4: Reproducir una canción a través de Bluetooth (Mazda Connect™).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~12 segundos.



Figura 20. HTA de la Tarea 4

Tarea 5: Sintonizar una estación de radio FM en específico (Mazda Connect™).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~32 segundos.



Figura 21. HTA de la Tarea 5

Tarea 6: Buscar la información relacionada con el sonido del vehículo (Mazda Connect™).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~14 segundos.

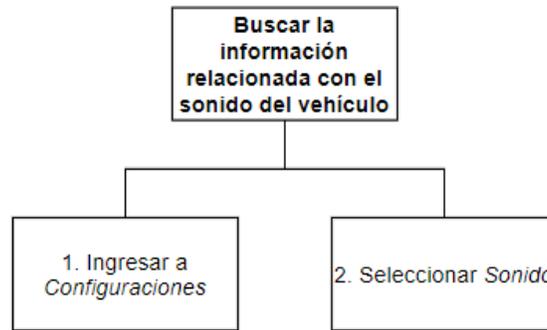


Figura 22. HTA de la Tarea 6

Tarea 7: Configurar el idioma del sistema (Mazda Connect™).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~31 segundos.

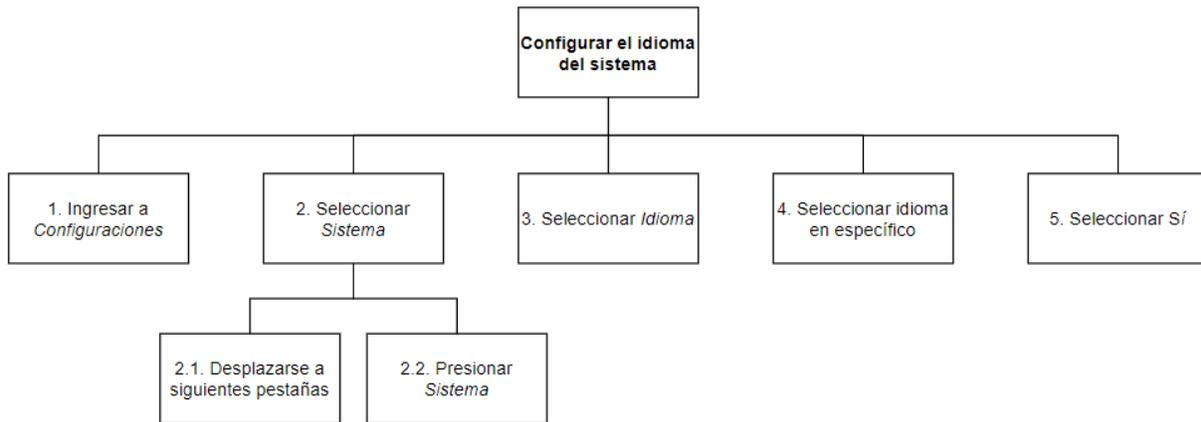


Figura 23. HTA de la Tarea 7

Tarea 8: Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Apple CarPlay®).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~33 segundos.

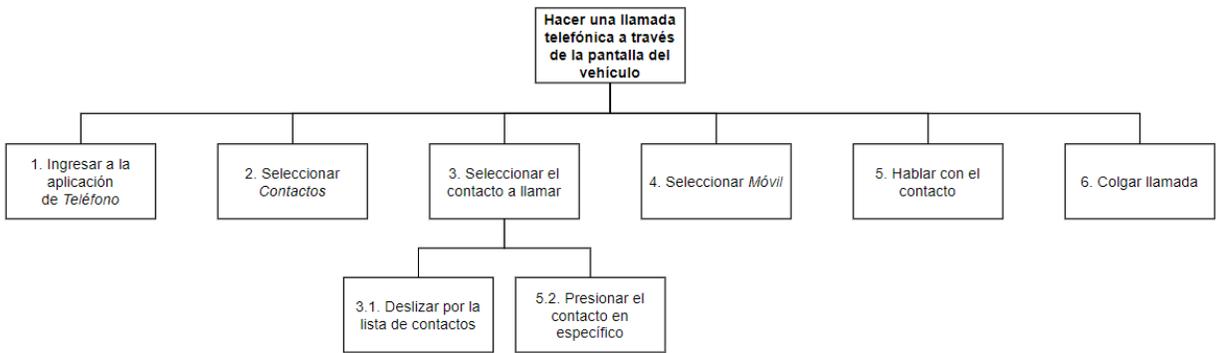


Figura 24. HTA de la Tarea 8

Tarea 9: Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Apple CarPlay®).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~3 segundos.

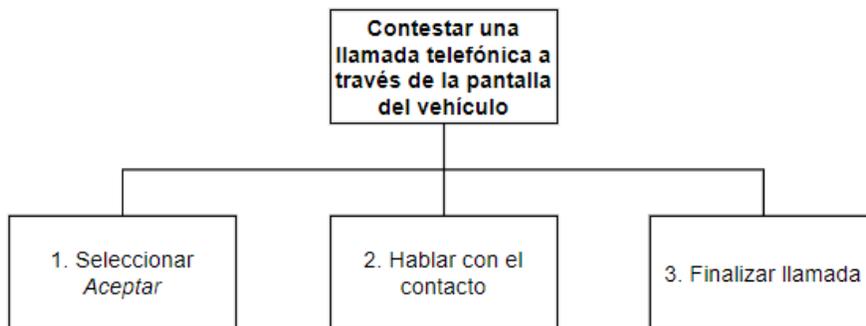


Figura 25. HTA de la Tarea 9

Tarea 10: Enviar un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo (Apple CarPlay®).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~27 segundos.



Figura 26. HTA de la Tarea 10

Tarea 11: Recibir un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo (Apple CarPlay®).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~9 segundos.

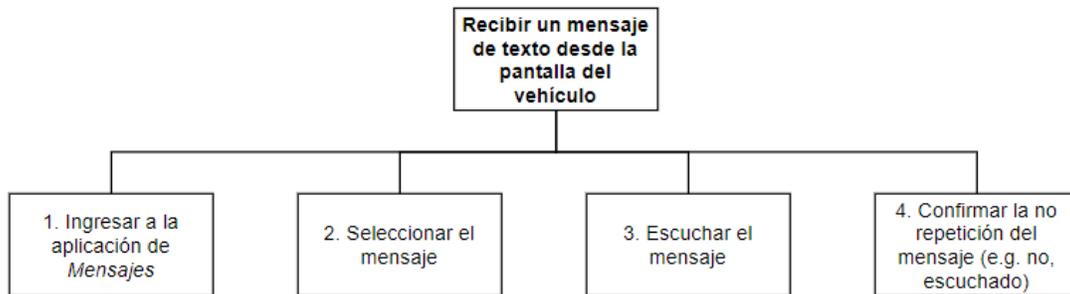


Figura 27. HTA de la Tarea 11

Tarea 12: Reproducir una canción a través de Spotify® (Apple CarPlay®).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~25 segundos.

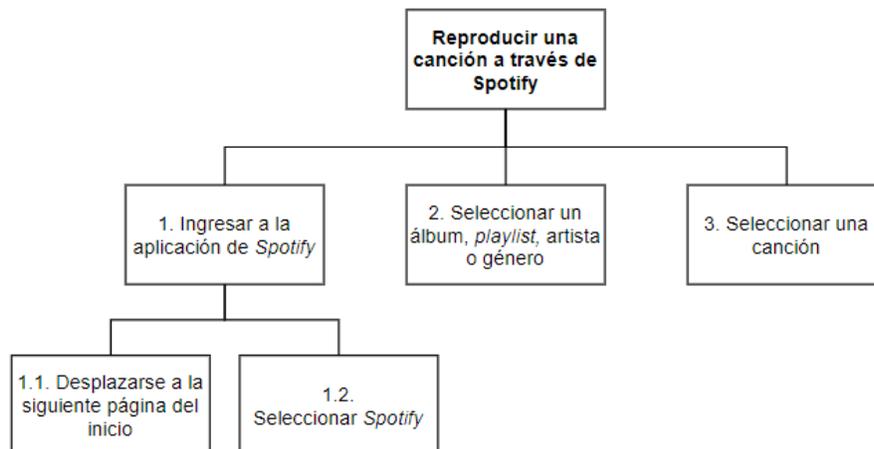


Figura 28. HTA de la Tarea 12

Tarea 13: Establecer una ruta de navegación en Waze™ (Apple CarPlay®).

Tiempo estimado para completar la tarea: ~23 segundos.

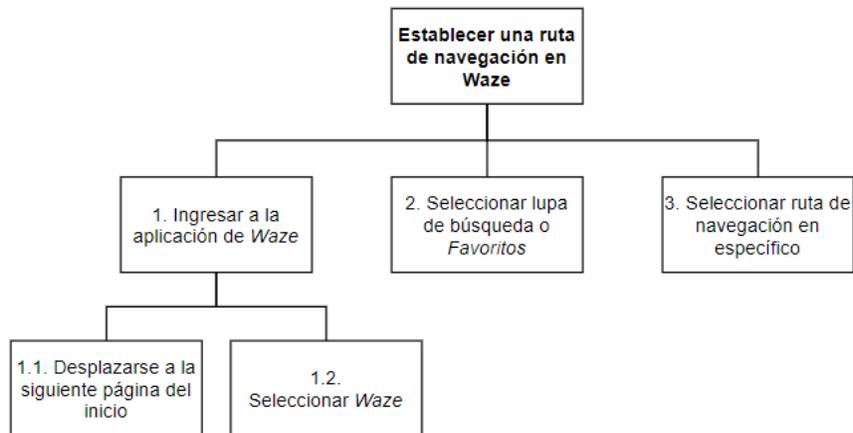


Figura 29. HTA de la Tarea 13

3.1.3. Caracterización de los participantes

Luego de tener definido los elementos a evaluar, en este caso las tareas en los sistemas *infotainment*, se procede a determinar cuál es el perfil de los usuarios objetivo de la Fase de Exploración.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la encuesta de la sección 3.1.1., de acuerdo con la frecuencia de uso de sistemas *infotainment*, se logró acotar el segmento de usuarios en términos de edad. Este segmento corresponde a participantes entre 18 y 29 años, pues según los resultados, el ~90% de ellos hacen uso de sistemas *infotainment* con alta frecuencia. El hecho de hacer uso frecuente de sistemas de este tipo puede beneficiar los objetivos de esta Fase de Exploración pues los resultados no se van a enfocar en problemas comunes que tendrían usuarios novatos en un sistema cualquiera, sino más bien, se podrán identificar los puntos de dolor de las tareas en usuarios que habitualmente las realizan.

Adicionalmente, como se mencionó en el planteamiento del problema, los accidentes de tránsito corresponden a la principal causa de mortalidad para niños y jóvenes entre 5 y 29 años [14-15], y descartando a aquellos usuarios que en el contexto colombiano aún no pueden conducir, se acota a un rango de edad entre 16 y 29 años. Debido a que la Fase de Exploración iba a contar con grabaciones a los participantes, también se descartaron aquellos usuarios que pudieran ser menores de edad y quienes no iban a poder ser grabados con la misma permisividad que un mayor de edad, por lo que el rango se acotó un poco más, y quedó igual que en los resultados de la encuesta, entre 18 y 29 años.

Por otro lado, se añadieron dos criterios adicionales para la selección de los usuarios. En primer lugar, contar con mínimo 2 años de experiencia conduciendo, por temas de seguridad, ya que el escenario de prueba iba a ser real y no un simulador; y, en segundo lugar, tener licencia de conducir válida en Colombia, por temas legales.

De acuerdo con lo mencionado, se seleccionaron 10 usuarios colombianos, 5 hombres y 5 mujeres, cuyas edades van desde los 18 a los 29 años, cuentan con al menos 2 años de experiencia conduciendo y tienen licencia de conducir válida en Colombia.

Para la selección y validación de los participantes, se hizo uso de la técnica Persona, que es una herramienta de síntesis de investigación de usuarios, utilizada para describir el tipo de individuo que se necesita para una prueba de este tipo [121-123]. Además, se utilizó para recoger información cualitativa y cuantitativa acerca de los usuarios que finalmente fueron seleccionados y que en un futuro van ser clusterizados para análisis más detallados.

La técnica Persona, consiste en recopilar la información necesaria de cada uno de los usuarios en búsqueda de conocer completamente su perfil, o al menos las características relevantes para el estudio. En este caso, se recopiló la siguiente información: edad, país de residencia, experiencia conduciendo (en años), frecuencia de uso de sistemas *infotainment* y cuáles son los sistemas *infotainment* que ha utilizado.

En la Tabla 1 se ilustra un resumen de las características mencionadas de cada uno de los 10 usuarios a poner a prueba.

Tabla 1. Perfil de los usuarios de la Fase de Exploración

Usuario	Edad	Experiencia conduciendo (en años)	Frecuencia de uso de sistemas <i>infotainment</i>	Sistemas <i>infotainment</i> utilizados
1	26 años	9 años	Alta frecuencia	Mazda Connect TM , Apple CarPlay [®] , Android Auto, Audi MMI
2	23 años	5 años	Mediana frecuencia	Nissan Infotainment System, Renault Infotainment System
3	23 años	4 años	Mediana frecuencia	Ford SYNC, Audi MMI
4	28 años	12 años	Alta frecuencia	Mazda Conne TM t, Apple CarPlay [®] , Audi MMI
5	22 años	4 años	Baja frecuencia	Renault Infotainment System
6	23 años	7 años	Baja frecuencia	Honda Infotainment System
7	25 años	8 años	Baja frecuencia	Renault Infotainment System
8	18 años	2 años	Alta frecuencia	BMW iDrive
9	23 años	7 años	Mediana frecuencia	Renault Infotainment System
10	24 años	7 años	Alta frecuencia	Ford SYNC

Con estos datos se validó que los 10 usuarios fueran aptos para la prueba y como ya se mencionó, también servirá como fuente de información para clusterizarlos en el Análisis de Resultados de la Fase de Exploración.

Ahora bien, ¿son 10 usuarios suficientes para las pruebas? Sí. Existen dos razones principales por las cuales se seleccionaron 10 usuarios. En primer lugar, por temas de recursos y alcance del proyecto, realizar pruebas con una mayor cantidad de individuos, hubiera podido desequilibrar las actividades propuestas y el tiempo estimado para completar las mismas. Y, en segundo lugar, y muy importante, 10 usuarios son justificados por los principios propuestos por el experto en usabilidad, Jakob Nielsen. De acuerdo con una de sus afirmaciones descritas en [124], las pruebas de usabilidad muy elaboradas son un gasto de recursos, y los mejores resultados pueden obtenerse a partir de experimentar con no más de 5 usuarios.

De acuerdo con la fórmula de *porcentaje de problemas de usabilidad a encontrar*, propuesta en [125], por Nielsen y Tom Landauer, experto en psicología, existe una cantidad de usuarios *límite* que, si es superada, la cantidad de problemas encontrados va a ser relativamente la misma; solo va a ser un desperdicio de recursos entre mayor cantidad de individuos se experimenten.

La fórmula mencionada, propuesta por Nielsen y Landauer, es la siguiente:

$$P = N(1 - (1 - L)^n) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde P es el porcentaje de problemas de usabilidad que se espera poder encontrar, N es el total de problemas de usabilidad del diseño, L es la proporción de problemas de usabilidad descubiertos por un único usuario (su valor es ~31%, de acuerdo a un largo número de proyectos estudiados por Nielsen y Landauer) y n es el número de usuario a poner a prueba.

Como ejemplo, siguiendo la Ecuación 1, si el número de usuarios a probar es $n = 1$, entonces el porcentaje de problemas esperados a encontrar es del ~31% del total de problemas que hay en el sistema. Por otro lado, si el número de usuarios a probar incrementa a $n = 5$, entonces el porcentaje de problemas esperados a encontrar es del ~85% del total de problemas que hay en el sistema.

Ahora, existe cierto número de usuarios en los que la curva que sigue la Ecuación 1 deja de incrementar significativamente y se mantiene aproximadamente plana, como se muestra en la Figura 30. Por lo tanto, se convierte en únicamente un gasto de recursos el incrementar la cantidad de usuarios a poner a prueba.

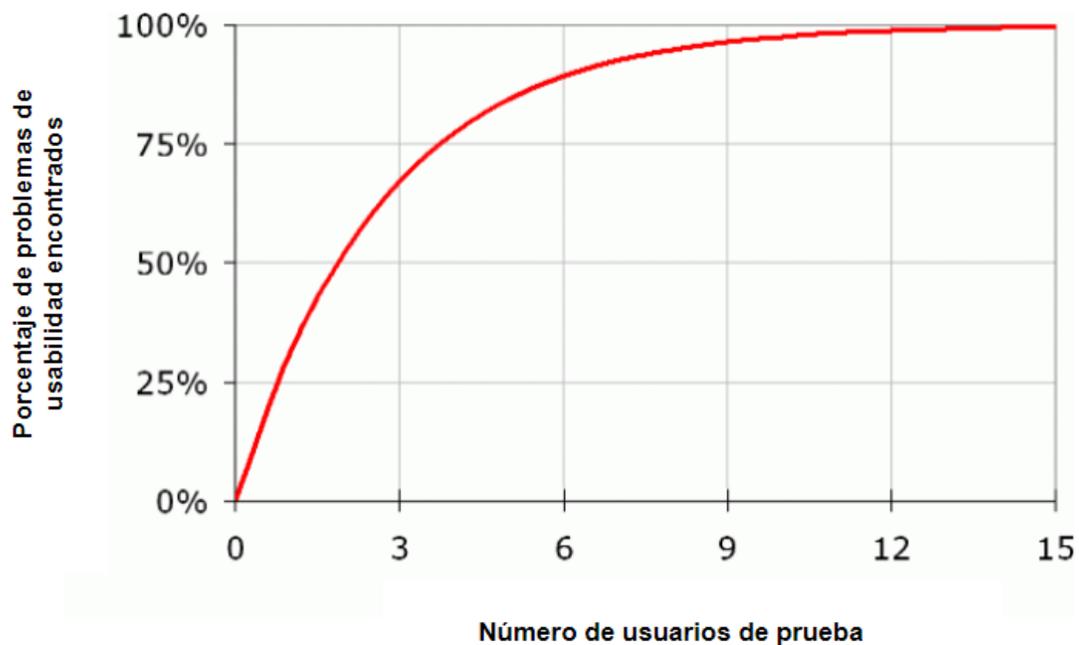


Figura 30. Curva de *porcentaje de problemas de usabilidad a encontrar* [124]

Con los 10 usuarios seleccionados en la Fase de Exploración, se estima que se logre encontrar hasta el ~98% de los problemas de usabilidad del diseño, de acuerdo con la Ecuación 1. Ahora, si bien el número propuesto por Nielsen no supera los 5 usuarios, existe otra recomendación, también propuesta por este experto en usabilidad, que conlleva a este trabajo a proponer el número 10, en lugar de 5. Según lo propuesto en [126], si la prueba depende de métricas cuantitativas, como se espera de la Fase de Exploración, el margen de error puede disminuirse a medida que se incrementa la cantidad de usuarios, y por lo tanto, estableciendo un equilibrio entre ambos principios, para obtener el ~98% de los problemas de usabilidad del diseño, ~90% de confianza en los datos y un margen de error de ~26%, que luego puede ser minimizado por la depuración de datos atípicos, se seleccionan 10 usuarios.

3.1.4. Métricas y métodos de evaluación

Luego de caracterizar a los usuarios, se procede a determinar los métodos en específico que se van a utilizar para cumplir con el objetivo de la prueba. Ahora, si bien el objetivo de la prueba es caracterizar el comportamiento de los conductores frente a la ejecución de tareas que les pueden ocasionar distracciones, es importante especificar cuáles van a ser las métricas en específico que van a permitir entender el nivel de distracción del usuario. Mencionado esto, las métricas de evaluación propuestas son la **carga de trabajo mental**, el **tiempo de interacción** y el **costo de interacción**. Esta propuesta surge a partir de los siguientes puntos:

Aquellas tareas con mayor **carga de trabajo mental** pueden resultar en una mayor distracción para el operador de la tarea principal [127-128]. Además, como se menciona en la sección 2.1.13., la carga de trabajo mental hace referencia a la cantidad de recursos mentales, cognitivos e intelectuales que requiere realizar una tarea, y ya que lo conocido como *multitarea* no existe [129], cuando un conductor está haciendo uso del sistema *infotainment* mientras conduce, los recursos cognitivos se distribuyen entre ambas actividades y la desviación de atención de la tarea principal se incrementa [27].

Por otro lado, las tareas que requieren de **tiempos de interacción** prolongados aumentan la carga de trabajo que experimenta el conductor [127], y como se mencionó anteriormente, las tareas con alta carga de trabajo mental incrementan los niveles de distracción. Además, desde otra perspectiva, entre mayor tiempo el conductor esté enfocado en el sistema *infotainment*, ya sea haciendo uso de la vista o de las manos, mayor será el tiempo en el que mantenga su atención desviada de conducir.

Ahora, el **costo de interacción** es la suma de esfuerzos, mentales y físicos, que un usuario debe efectuar para completar una tarea [130]. En otras palabras, el costo de interacción puede verse como la cantidad de *pasos* que le toma a un usuario ejecutar una tarea. Idealmente, el costo de interacción debe ser mínimo, para que un individuo pueda completar una tarea lo más *rápido* posible y utilizando la menor cantidad de recursos cognitivos. Por esta razón, el análisis del costo de interacción puede ser un indicador de mal rendimiento durante la ejecución de una tarea e inclusive, una métrica útil para identificar los puntos de dolor de los usuarios. Por lo general, un costo de interacción bajo se traduce en una tarea con menor cantidad de microinteracciones, y, por lo tanto, una actividad de menor distracción [131].

Estas métricas permiten entender comportamientos de distracción frente a la ejecución de tareas secundarias. Para poder recolectar la información de cada una de ellas, a continuación, se describen las técnicas seleccionadas:

En primer lugar, para la Fase de Exploración se decidió hacer uso del Método de Observación. Este método de evaluación consiste en recopilar datos mediante la observación de las experiencias de los usuarios con un producto [132], en este caso, los conductores con los sistemas *infotainment*. Este método ha sido probado por muchas investigaciones como una de las mejores técnicas que podrían usarse en pruebas de usabilidad, y consiste básicamente en tener una sesión con cada uno de los usuarios, pedirles realizar cada una de las tareas en el prototipo o recurso instructivo, e ir observando su comportamiento durante la ejecución. Además, este método podría considerarse como una técnica no invasiva de evaluación, pues el usuario no está obligado al uso de algún dispositivo de medición en ninguna parte de su cuerpo (e.g. sensores) que podrían inconscientemente generar distracciones adicionales. Como herramienta adicional, en este Método de Observación se puede hacer uso de cámaras de video para capturar las expresiones faciales y verbales de los usuarios, su lenguaje corporal, y en general, archivar toda la interacción con el sistema para un análisis más profundo posterior a la prueba.

Para obtener resultados más completos con las grabaciones, se motivó a los usuarios a hacer uso del protocolo de *Thinking Aloud* (en español, pensando en voz alta), que consiste en que los participantes de la prueba expresen verbalmente, y de manera continua, sus pensamientos, sensaciones y opiniones mientras interactúan con el sistema [133-134]. De este modo, se va a poder recolectar explícitamente el *cómo* puede llegar sentirse un usuario en un instante de la prueba en específico.

Con la implementación del Método de Observación, y las grabaciones resultantes del mismo, se estima poder obtener factores cuantitativos, como las métricas de tiempo y costo de interacción, así como factores cualitativos, como los puntos de dolor y patrones de comportamiento de los participantes.

En búsqueda de obtener una estimación de la carga de trabajo mental requerida por los usuarios durante la ejecución de las tareas, se propone introducir una herramienta de evaluación subjetiva, multidimensional y ampliamente utilizada para calificar la carga de trabajo percibida por un usuario, conocida como *Driving Activity Load Index (DALI)*, o en español, Índice de Carga de la Actividad de Conducción.

El DALI es una versión revisada de un método conocido como NASA-TLX (Índice de Carga de Tareas de la NASA), adaptado a la actividad de conducir [135]. El método de NASA-TLX asume que la carga de trabajo está influenciada por la demanda mental, la demanda física, la demanda temporal, el rendimiento, el nivel de frustración y el esfuerzo. Después de evaluar la magnitud de cada una de estas 6 subescalas en un rango de valores, el individuo realiza comparaciones por pares entre ellos, con el fin de determinar la mayor fuente de carga de trabajo de la tarea y asignar un puntaje ponderado de esta carga mental a la actividad. La principal diferencia entre el método de NASA-TLX y su adaptación, el DALI, es precisamente la forma de entender estas subescalas, es decir, no se evalúan como tal los 6 factores mencionados, sino sus equivalentes en la actividad de conducción. Las subescalas de evaluación en el DALI son: (i) esfuerzo de atención, (ii) demanda visual, (iii) demanda auditiva, (iv) demanda temporal, (v) interferencia y (vi) estrés situacional. Estos componentes se encuentran especificados en la Tabla 2.

Tabla 2. Subescalas del DALI

Subescala	Descripción
Esfuerzo de atención	Evalúa la atención requerida para realizar la tarea, incluyendo los momentos en los que el usuario debe pensar, decidir, seleccionar, buscar, etc.
Demanda visual	Evalúa la demanda requerida en términos visuales (e.g. cantidad de momentos en los que el usuario debe desviar sus ojos de la carretera para enfocarse en el IVIS).
Demanda auditiva	Evalúa la demanda requerida en términos auditivos (e.g. momentos en los que el usuario debe escuchar las instrucciones por voz del IVIS o la alteración por algún sonido generado por el sistema, como alertas, sonidos de confirmación, etc.)
Demanda temporal	Evalúa la demanda requerida en términos temporales (e.g. cuánto tiempo le

	toma al usuario completar la tarea, realizar una subactividad o esperar respuesta del IVIS).
Interferencia	Evalúa las perturbaciones generadas al ejecutar una tarea secundaria mientras se conduce. ¿Cuánto interfirió completar la tarea en la actividad de conducción?
Estrés situacional	Evalúa el nivel de estrés del usuario mientras este ejecuta la tarea, incluyendo factores como fatiga, sentimiento de inseguridad, irritación, desánimo, etc.

Cada una de las tareas es evaluada de acuerdo con estas subescalas para obtener una aproximación de la carga de trabajo mental que demanda la actividad, sin embargo, el diligenciamiento del DALI es realizado por cada uno de los usuarios posteriormente a la prueba, con el objetivo de no interrumpir la experiencia entre tarea y tarea. Para ello entonces, se propone la implementación de lo conocido como Prueba Retrospectiva o *Retrospective Testing*, en búsqueda de que los usuarios puedan *recordar* su experiencia cuando estén completando el DALI. La Prueba Retrospectiva implica revisar la grabación del video de la prueba en conjunto con los usuarios y pedirles que expliquen su comportamiento durante la ejecución de las tareas [136]. Esto debe hacerse lo antes posible después de finalizada la prueba.

El detalle de la implementación de cada uno de los métodos descritos y la obtención de las métricas propuestas está especificado en la Ejecución de la Fase de Exploración, en la sección 3.2. del documento.

3.1.5. Equipamiento, trayecto y logística de prueba

Finalmente, luego de haber definido las tareas a realizar, los usuarios a probar y las métricas a obtener, se deben especificar todos los detalles restantes, pero de mucha importancia, para la Fase de Exploración.

Uno de ellos, corresponde al equipamiento en el vehículo, o en otras palabras, a la instalación de los dispositivos que se van a utilizar para la implementación de los métodos de evaluación. En esta Fase de Exploración, los elementos principales para la obtención de métricas, corresponden a las cámaras de video. Para ello, se propuso el uso de 3 dispositivos móviles que contarán con cámara de video y se instalaron de la siguiente manera: uno dirigido al rostro del usuario, para capturar las expresiones faciales y el lenguaje corporal del individuo (*Cámara 1*); otro enfocando en el sistema *infotainment*, para conocer el flujo de interacción que se tiene al realizar una tarea (*Cámara 2*); y por último, otro grabando hacía la vía, en caso de que si el usuario detuviera el vehículo o se expresara por algún factor externo (e.g. peatón atravesando la calle, pare en la carretera, semáforo, etc.) se pudiera conocer la causa de su comportamiento (*Cámara 3*). En la Figura 31 se puede observar la posición de las 3 cámaras de video instaladas en el vehículo.



Figura 31. Equipamiento en el vehículo

Por otro lado, un aspecto importante también es el trayecto que deben tomar los usuarios para completar las tareas mientras están conduciendo. Esta ruta debe ser lo menos transitada posible para evitar accidentes con otros vehículos o situaciones peligrosas con peatones. Además, debe contar con las condiciones suficientes para que el usuario pueda conducir sin tener que someterse a factores de distracción externos como lo pueden ser daños en la vía, construcciones, semáforos, etc. Para ello, se eligió un trayecto de 1.28 km de perímetro ubicado en el norte de la ciudad de Popayán, donde el tránsito de otros vehículos es mínimo. En la Figura 32 se muestra el trayecto descrito.

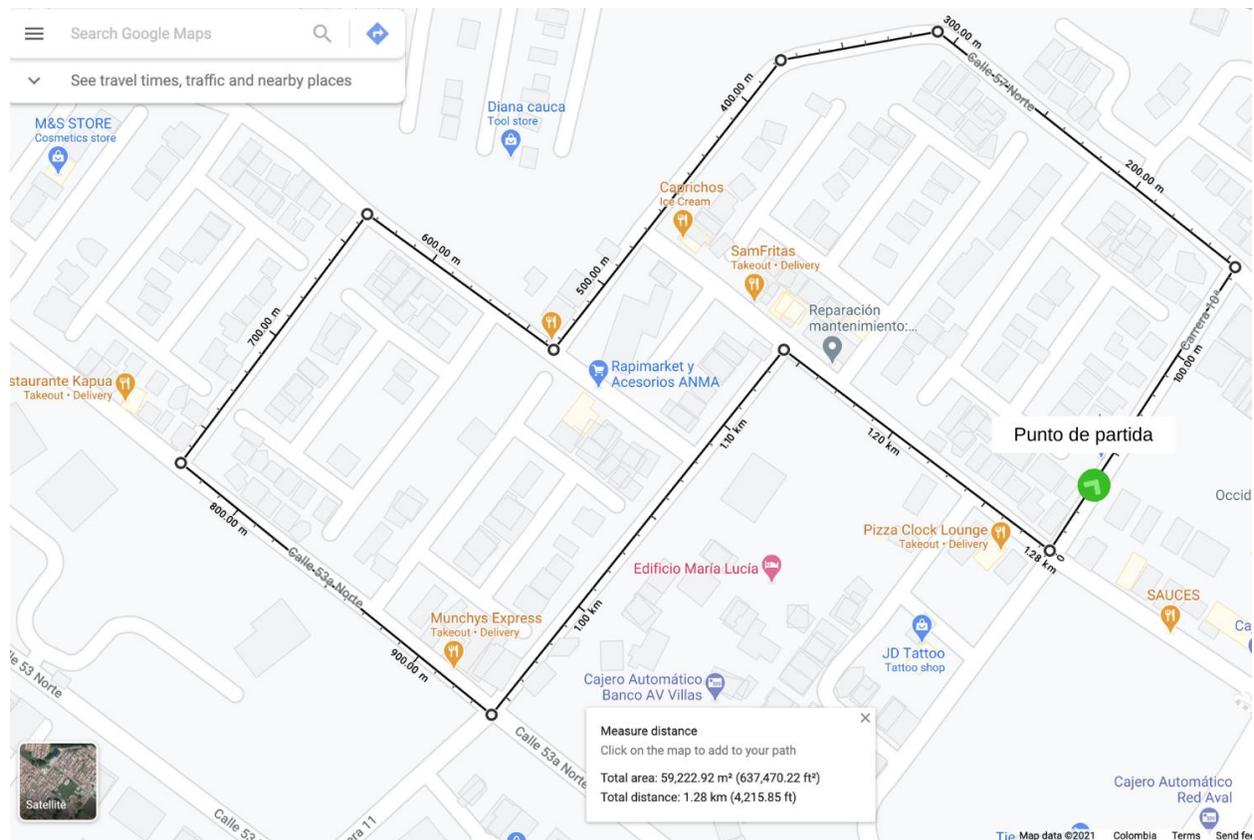


Figura 32. Trayecto de la prueba

Por último, se consolidó un *brief* o discurso corto para organizar la logística de la prueba, iniciando desde una explicación formal a los participantes acerca de los objetivos de la Fase de Exploración, hasta el orden en el que cada actividad se debía realizar (e.g. orden de las tareas, cambio de sistema *infotainment*, diligenciamiento del DALI, momento de iniciar la grabación con las cámaras, etc.).

3.2. Ejecución de la Fase de Exploración

En esta sección se pretende especificar cómo fue el procedimiento de la prueba de un usuario para comprender cada uno de los pasos realizados en la Ejecución de la Fase de Exploración. De ahora en adelante se va a tratar como *facilitador* al encargado de guiar al usuario durante la ejecución de la prueba.

Como primer paso, el facilitador se encargó de contextualizar al usuario con respecto a los objetivos del trabajo de grado, el propósito en específico de su participación, la metodología que se iba a implementar durante la prueba y los riesgos que se pudieran presentar durante la ejecución de la misma. Además, recibieron instrucciones generales de lo que iban a realizar en la prueba y el tipo de tareas que se les iba a asignar mientras conducían, dejando claro que en

cualquier momento podían dar a conocer cualquier duda o incomodidad que se les presentara, e inclusive retirarse por completo de la prueba. Con el objetivo de formalizar la participación del usuario, se le solicitó firmar un Formato de Consentimiento Informado y un Formato de Autorización de Grabación. En el Formato de Consentimiento Informado se describe detalladamente cada uno de los puntos de interés para el usuario, como por ejemplo, el objetivo de la investigación, el lugar donde se llevará a cabo la prueba, la duración de su participación, los riesgos de formar parte de esta fase, etc. Por otro lado, en el Formato de Autorización de Grabación se les solicita formalmente a los participantes su permiso para utilizar su imagen en las diferentes etapas del trabajo de grado.

Las plantillas del Formato de Consentimiento Informado y Formato de Autorización de Grabación se pueden encontrar en los enlaces del [Anexo A](#) y [Anexo B](#), respectivamente.

Luego de la lectura y firma de ambos formatos, el usuario tuvo la oportunidad de familiarizarse con el vehículo los minutos que deseara para poder entender cómo funcionaba el acelerador y el freno del modelo en prueba, los espejos, e inclusive, el sistema *infotainment*. Durante estos minutos, el usuario también tuvo oportunidad de ajustar la silla del vehículo de acuerdo a sus preferencias y a hacer todas las preguntas necesarias al facilitador. Luego de esto, el facilitador guió al usuario por el trayecto por el cual se debía completar la prueba, con el objetivo de evitar percances por desconocimiento del sector. Posteriormente a que el usuario haya dado la primera vuelta para conocer la ruta de la prueba, el facilitador encendió las tres cámaras instaladas en el vehículo para dar inicio a las tareas a realizar.

Cada una de las 13 tareas fue dictada en orden por parte del facilitador a medida que el usuario completara la anterior. Cabe mencionar que no existía ningún límite temporal para completar la tarea, por lo que si un usuario no finalizaba una actividad era porque voluntariamente había desistido de realizarla. También es importante destacar que se le solicitó al usuario no conducir a una velocidad mayor de 10 km/h, para mantener la seguridad de la prueba y además, porque la pantalla del vehículo utilizado se bloqueaba a esta velocidad. Para la realización de las tareas, los usuarios fueron libres de seleccionar el modo de interacción bajo el cual querían ejecutar la actividad, ya fuera haciendo uso de la pantalla táctil o los controles físicos debajo de la pantalla.

Luego de completar todas las tareas, el facilitador le solicitó al usuario completar el formato del DALI. Primero, el facilitador le explicó al usuario qué se quería medir con esta técnica de evaluación y cómo llenarlo. Luego, el facilitador fue reproduciendo los videos capturados durante la prueba a medida que el usuario llenaba el formulario para cada una de las tareas. El detalle del formato del DALI se encuentra especificado en la sección 3.3.2. del documento.

Por último, el facilitador le dio a conocer un par de preguntas al usuario con el objetivo de recibir retroalimentación tanto de las tareas como de la actividad en general. Las preguntas realizadas se mencionan a continuación:

1. ¿Cuáles fueron los momentos o las tareas que mayor distracción le generaron durante la ejecución de la prueba?
2. ¿Qué tan seguro se sintió durante la ejecución de la prueba?
3. ¿En general, cómo describiría la experiencia que tuvo mientras conducía y realizaba tareas secundarias simultáneamente en el vehículo?
4. ¿Tiene alguna sugerencia y/o comentario relacionado con la forma en la que se realizó la prueba?

La duración aproximada de la prueba, por cada uno de los usuarios, fue de 45 minutos, y la Fase de Ejecución completa tuvo una duración aproximada de 2 semanas para las pruebas con los 10 usuarios.

3.3. Análisis de Resultados de la Fase de Exploración

Luego de haber completado la Ejecución de la Fase de Exploración con los 10 usuarios y haber recolectado los datos necesarios para caracterizar el comportamiento que tuvieron frente a la realización de las 13 tareas, se procede al análisis de resultados. Esta fase puede dividirse en 5 módulos que terminan integrándose con el inicio de la construcción de los patrones de diseño de interfaces de usuario descrita en el siguiente capítulo.

Los 5 módulos en los que se puede dividir esta Fase de Análisis de Resultados son los siguientes:

1. Análisis del Método de Observación
2. Análisis de la carga de trabajo mental
3. Análisis gráfico del costo de interacción
4. Segmentación de usuarios
5. Consolidación de resultados

3.3.1. Análisis del Método de Observación

Como se mencionó anteriormente, para la ejecución de la Fase de Exploración se decidió hacer uso del Método de Observación, el cual permitió recopilar datos mediante la observación de las experiencias de los usuarios con el sistema *infotainment*. Además, con la ayuda del protocolo de *Thinking Aloud*, la evaluación pudo ser más completa pues se logró conocer el comportamiento del usuario a través de sus expresiones verbales.

Para comprender el comportamiento en detalle de cada uno de los participantes en la realización de las tareas, se propuso completar un *formato de observación*, el cual fue llenado por los observadores luego de completada la Fase de Ejecución. Para poder llenar este formato se utilizaron los videos capturados por las 3 cámaras dentro del vehículo, cuyas grabaciones fueron integradas en un solo video para analizar al mismo tiempo las reacciones del usuario, la interacción con el sistema y las características del ambiente externo. En la Figura 33 se muestra

un ejemplo de la integración de los videos que fueron utilizados para el análisis del Método de Observación.



Figura 33. Ejemplo de un video integrado con la grabación de las 3 cámaras

Con la integración de los videos se comenzó a llenar toda la información propuesta en el formato de observación con el objetivo de analizar en detalle cada elemento que pudiera ser relevante con relación al rendimiento y comportamiento del usuario en la prueba, así como poder identificar la mayor cantidad de puntos de dolor durante la ejecución de cada tarea. A continuación, se listan los 24 factores tenidos en cuenta en el formato de observación, los cuales fueron evaluados para cada usuario en cada tarea:

1. **Tiempo para completar la tarea:** corresponde al tiempo total que le tomó al usuario completar la tarea. Se mide en segundos.
2. **Tiempo sin interacción:** corresponde al tiempo en el que el usuario no tuvo interacción directa con el IVIS (e.g. el usuario está cruzando hacia la derecha o la izquierda en la vía, el usuario se toma unos segundos para descansar, etc.). Se mide en segundos.
3. **Tiempo de llamada (opcional):** corresponde al tiempo que dura la llamada, en caso de que la tarea incluya una actividad que requiera de una. Se mide en segundos.
4. **Tiempo neto de interacción:** corresponde al *Tiempo para completar la tarea* menos el *Tiempo sin interacción* y el *Tiempo de llamada*. Indica cuánto tiempo en realidad el usuario estuvo en interacción directa con el IVIS. Este factor es tomado como el **tiempo de interacción** que se menciona en las métricas de evaluación de la Fase de Exploración, en la sección 3.1.4. Se mide en segundos.

5. **Tiempo viendo la pantalla del IVIS:** corresponde al tiempo en el que el usuario tuvo toda su atención visual en la pantalla del IVIS. Se mide en segundos.
6. **Tiempo sin ambas manos en el volante:** corresponde al tiempo en el que el usuario tuvo sólo una mano en el volante del vehículo. Se mide en segundos.
7. **Costo de interacción:** corresponde al número de pasos *físicos* que le tomó al usuario completar una tarea (e.g. para poder realizar una llamada a un contacto, el usuario tuvo que (1) ir a *Teléfono*, luego (2) ir a la lista de contactos, luego (3) seleccionar el contacto, y por último (4) presionar *llamar*, por lo que la interacción tuvo un costo de 4 pasos). Se mide en pasos.
8. **¿El usuario terminó por completo la tarea?:** determina si un usuario completó o no la tarea. Los valores son *sí* o *no*.
9. **¿El usuario hizo uso de algún atajo o *shortcut*?:** determina si un usuario utilizó un atajo o *shortcut* para completar la tarea de manera más sencilla. Los valores son *sí* o *no*.
10. **¿El usuario solicitó ayuda para realizar la tarea?:** determina si el usuario pidió ayuda al facilitador durante la prueba para completar esa tarea. Los valores son *sí* o *no*.
11. **¿El usuario tuvo que repetir la tarea?:** determina si un usuario repitió la tarea desde el inicio debido a que no pudo completarla en el primer intento. Los valores son *sí* o *no*.
12. **¿El usuario tuvo que detener el vehículo?:** determina si un usuario detuvo el vehículo para poder completar la tarea. Los valores son *sí* o *no*.
13. **Uso de la rueda física:** corresponde al porcentaje de uso de la rueda incluida en el panel de control físico del vehículo de prueba para completar la tarea. Este botón es una rueda utilizada para desplazarse en la interfaz cuando se bloquea la pantalla táctil por sobrepasar 10 km/h. Se mide en porcentaje.
14. **Uso de la pantalla táctil:** corresponde al porcentaje de uso de la pantalla táctil para completar la tarea. Se mide en porcentaje.
15. **¿El usuario presionó sin éxito la pantalla táctil?:** determina si un usuario presionó la pantalla táctil, y ya que esta pantalla bloquea su interacción táctil cuando el vehículo sobrepasa los 10 km/h, el usuario no logró ejecutar la acción esperada. Los valores son *sí* o *no*.
16. **Demanda visual:** corresponde a qué tanta demanda visual tuvo el usuario de acuerdo a una evaluación subjetiva del observador. Los valores son *muy alta*, *alta*, *media*, *baja*, y *muy baja*.
17. **Demanda manual:** corresponde a qué tanta demanda manual tuvo el usuario de acuerdo a una evaluación subjetiva del observador. Los valores son *muy alta*, *alta*, *media*, *baja*, y *muy baja*.
18. **Demanda auditiva:** corresponde a qué tanta demanda auditiva tuvo el usuario de acuerdo a una evaluación subjetiva del observador. Los valores son *muy alta*, *alta*, *media*, *baja*, y *muy baja*.

- 19. Expresiones verbales:** corresponde a las expresiones verbales hechas por el usuario al realizar la tarea.
- 20. Expresiones faciales:** corresponde a las expresiones faciales hechas por el usuario al realizar la tarea.
- 21. Número de *glances* o desviaciones de la vista:** corresponde al número de veces en las que el usuario desvió sus ojos **de** la vía para llevar su atención visual a los componentes del IVIS. En los casos en los que el usuario permanece mayor tiempo viendo al IVIS, se contaron las veces en las que el usuario desvió sus ojos **hacia** la vía.
- 22. Puntos de dolor relevantes:** corresponde a los puntos de dolor o *pain points* identificados en la tarea.
- 23. Emociones:** corresponde a las emociones del usuario, mientras realiza la tarea, percibidas por el observador.
- 24. Otros:** corresponde a cualquier otro comentario identificado por el observador.

Estos 24 factores fueron segmentados en 5 categorías, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Categorías en el formato de observación

Categoría	Factor
Tiempo	Tiempo para completar la tarea
	Tiempo sin interacción
	Tiempo de llamada (opcional)
	Tiempo neto de interacción
	Tiempo viendo la pantalla del IVIS
	Tiempo sin ambas manos en el volante
Flujo de interacción	Costo de interacción
	¿El usuario terminó por completo la tarea?
	¿El usuario hizo uso de algún atajo o <i>shortcut</i> ?
	¿El usuario solicitó ayuda para realizar la tarea?
	¿El usuario tuvo que repetir la tarea?
	¿El usuario tuvo que detener el vehículo?
Modo de interacción	Uso de la rueda física
	Uso de la pantalla táctil
	¿El usuario presionó sin éxito la pantalla táctil?
Carga de trabajo	Demanda visual
	Demanda manual
	Demanda auditiva
Comportamiento	Expresiones verbales
	Expresiones faciales
	Número de <i>glances</i> o desviaciones de la vista
	Puntos de dolor relevantes
	Emociones
	Otros

Así mismo, se especificó el tipo de medida a la cual corresponde cada factor. El tipo de medida se refiere a si es un factor objetivo o es un factor que debe ser evaluado de acuerdo con lo percibido por los observadores. El primer tipo se denomina *medida de rendimiento* y el segundo, *medida subjetiva*. Por ejemplo, los factores dentro de la categoría *Tiempo* son medidas de rendimiento pues su evaluación no depende directamente de la opinión de los observadores, sino que es obtenido a partir de un cronómetro, mientras que los factores dentro de la categoría de *Carga de trabajo* son componentes evaluados con base en la percepción de los observadores. De acuerdo con lo mencionado, en la Tabla 4 se muestra el tipo de medida de los factores.

Tabla 4. Tipo de medida en el formato de observación

Categoría	Tipo de medida	Factor
Tiempo	Medida de rendimiento	Tiempo para completar la tarea
		Tiempo sin interacción
		Tiempo de llamada (opcional)
		Tiempo neto de interacción
		Tiempo viendo la pantalla del IVIS
		Tiempo sin ambas manos en el volante
Flujo de interacción		Costo de interacción
		¿El usuario terminó por completo la tarea?
		¿El usuario hizo uso de algún atajo o <i>shortcut</i> ?
		¿El usuario solicitó ayuda para realizar la tarea?
		¿El usuario tuvo que repetir la tarea?
		¿El usuario tuvo que detener el vehículo?
Modo de interacción	Uso de la rueda física	
	Uso de la pantalla táctil	
	¿El usuario presionó sin éxito la pantalla táctil?	
Carga de trabajo	Medida subjetiva	Demanda visual
		Demanda manual
		Demanda auditiva
Comportamiento	Medida de rendimiento	Expresiones verbales
		Expresiones faciales
		Número de <i>glances</i> o desviaciones de la vista
	Medida subjetiva	Puntos de dolor relevantes
		Emociones
		Otros

Teniendo en cuenta los factores, su tipo de medida y las categorías a las que pertenecen, se procedió a completar el formato de observación. Adicionalmente a las columnas de la Tabla 4, se agregó una columna con el valor de cada factor, otra con la unidad de cada valor, y por último, una columna adicional para los comentarios del observador en cada uno de los factores. En la Figura 34 se muestra un ejemplo del formato de observación de la Tarea 2 para un usuario.

Tarea 2: Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Mazda Connect)						
Categoría	Tipo de medida	Factor	Valor	Unidad	Comentarios	
Tiempo	Medida de rendimiento	Tiempo de completación	96	Seg		
		Tiempo sin interacción	23	Seg	Tono de llamada y cruce en la vía.	
		Tiempo de llamada (opcional)	11	Seg		
		Tiempo neto de interacción	62	Seg		
		Tiempo viendo la pantalla del IVIS	58	Seg		
		Tiempo sin ambas manos en el volante	62	Seg		
Flujo de interacción	Medida de rendimiento	Costo de interacción	8	Pasos	Comunicación, Contactos, deslizar por contactos, barra lateral, deslizar por letras, selección de la letra U, Usuario, Móvil, hablar con el contacto*, Colgar*.	
		¿El usuario terminó por completo la tarea?	Sí	▼	NA	
		¿El usuario hizo uso de algún atajo o shortcut?	Sí	▼	NA	Búsqueda del contacto por barra lateral.
		¿El usuario solicitó ayuda para realizar la tarea?	No	▼	NA	
		¿El usuario tuvo que repetir la tarea?	No	▼	NA	
		¿El usuario tuvo que detener el vehículo?	No	▼	NA	
Modo de interacción	Medida de rendimiento	Uso de la rueda física	80	%		
		Uso de la pantalla táctil	20	%	Para seleccionar y deslizar en la barra lateral.	
		¿El usuario presionó sin éxito la pantalla táctil?	No	▼	NA	
Carga de trabajo	Medida subjetiva	Demanda visual	Alta	▼	NA	
		Demanda manual	Alta	▼	NA	
		Demanda auditiva	Media	▼	NA	Ruidos externos.
Comportamiento	Medida de rendimiento	Expresiones verbales	"Esto es re peligroso"		NA	
		Expresiones faciales	Sorpresa por aparición de un bus mientras seleccionaba el contacto. Risa nerviosa.		NA	
		Número de <i>glances</i> o desviaciones de la vista	15	Glances	Hacia la carretera.	
	Medida subjetiva	Puntos de dolor relevantes	Tiempo muy considerable buscando el contacto.		NA	
		Emociones	Susto, preocupación, nervios.		NA	Por aparición del bus.
	Otros	NA		NA		

Figura 34. Ejemplo del formato de observación de la Tarea 2 para un usuario

En el siguiente enlace se puede encontrar el formato de observación completo para las 13 tareas de los 10 usuarios: [Anexo C.](#)

Como se mencionó en la sección de Fase de Planeación, se establecieron 3 métricas de evaluación para entender el nivel de distracción de los usuarios: carga de trabajo mental, tiempo de interacción y costo de interacción. Con los resultados del formato de observación se logró obtener 2 de ellos; tiempo y costo de interacción. Para el costo de interacción, se decidió realizar un análisis gráfico detallado con base en los pasos realizados por cada uno de los usuarios en las tareas, y los comentarios del formato de observación, el cual es descrito más adelante en la sección 3.3.3. Por otro lado, para el tiempo de interacción (columna de *Tiempo neto de interacción* en el formato), se decidió construir una tabla resumida para identificar las tareas que hayan requerido de mayor tiempo de interacción entre el usuario y el sistema *infotainment*, y de igual forma, poder analizar cuáles fueron los usuarios que realizaron las actividades de manera más eficiente y aquellos que se demoraron más.

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos de cada usuario con relación al tiempo neto de interacción. Cabe mencionar que en el documento se va a comenzar a referir al tiempo neto de interacción como TNI.

Tabla 5. Tabla resumida del TNI

Tiempo neto de interacción (seg)										
Tarea	Usuario 1	Usuario 2	Usuario 3	Usuario 4	Usuario 5	Usuario 6	Usuario 7	Usuario 8	Usuario 9	Usuario 10
1	10	54	14	57	70	51	46	42	18	26
2	62	78	121	33	37	99	56	87	41	34
3	4	8	11	5	4	4	3	3	9	3
4	7	16	38	18	7	65	21	21	9	14
5	64	24	15	22	71	131	48	77	15	38
6	10	26	36	15	53	12	15	22	154	17
7	53	57	36	41	49	31	48	27	33	27
8	23	54	35	37	43	40	30	20	32	19
9	6	10	5	6	4	4	3	8	4	3
10	18	38	21	29	53	44	59	25	29	26
11	17	12	15	13	23	19	15	6	7	14
12	9	39	13	27	11	21	26	41	33	24
13	8	38	45	122	24	25	13	15	10	20

A partir de los resultados de la Tabla 5, se obtuvo la media aritmética (columna AVG) del TNI de cada tarea en búsqueda de identificar las actividades que demandaran de mayor tiempo. Adicionalmente, se obtuvo otra media aritmética sin considerar valores atípicos o *outliers* (columna AVG no outliers) para evitar que el conjunto de datos se viera afectado por un rendimiento exageradamente bueno o malo de un único usuario. Para poder identificar los *outliers* se calculó la variación estándar (SD o σ) de los valores de TNI de cada tarea, y con base en ello, se decidió considerar un *outlier* como un valor que estuviera por debajo de la media menos dos veces la SD ($AVG - 2\sigma$), o por encima de la media más dos veces la SD ($AVG + 2\sigma$). Esto con la finalidad de mantener únicamente los valores que estén agrupados en el ~95,4% del conjunto de datos y así evitar valores atípicos que puedan afectar el análisis. Para mejor entendimiento, en la Figura 35 se muestra la gráfica de la distribución normal, donde cada banda tiene un ancho de una vez la desviación estándar, y en este ejercicio se considera un *outlier* si el valor se encuentra antes de -2σ o después de 2σ .

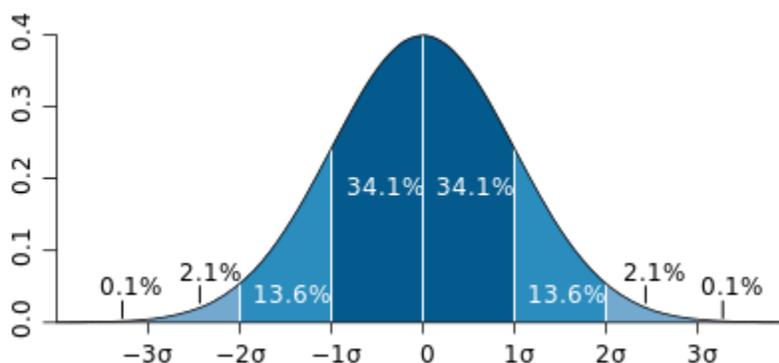


Figura 35. Gráfica de la distribución normal [137]

Adicionalmente, se incluyó la media aritmética del TNI de los usuarios avanzados (columna *Usuario avanzados*) que se obtuvo en la sección 3.1.2., con el fin de observar si en promedio el rendimiento de los participantes fue peor o mejor que el de los usuarios avanzados. También se incluyeron 2 columnas para contar el número de participantes que tuvieron un peor o mejor rendimiento que los usuarios avanzados, en término de tiempo (columnas *Peor que UA* y *Mejor o igual que UA*, respectivamente). En la Tabla 6 se incluyen todos los cálculos mencionados.

Tabla 6. Cálculos del TNI

Tiempo neto de interacción								
Tarea	AVG (seg)	σ	AVG - 2 σ (seg)	AVG + 2 σ (seg)	AVG no outliers (seg)	Usuarios avanzados (seg)	Peor que UA	Mejor o igual que UA
1	38,8	20,5	-2,2	79,8	38,8	39	6	4
2	64,8	30,5	3,8	125,8	64,8	39	7	3
3	5,4	2,9	-0,4	11,2	5,4	3	7	3
4	21,6	17,8	-13,9	57,1	15,1	12	7	3
5	50,5	36,5	-22,5	123,5	37,4	32	6	4
6	36,0	43,5	-50,9	122,9	20,6	14	8	2
7	40,2	11,0	18,2	62,2	40,2	31	7	3
8	33,3	11,0	11,3	55,3	33,3	33	5	5
9	5,3	2,3	0,8	9,8	4,3	3	8	2
10	34,2	13,8	6,5	61,9	34,2	27	6	4
11	14,1	5,1	3,9	24,3	14,1	9	8	2
12	24,4	11,2	2,0	46,8	24,4	25	5	5
13	32,0	33,8	-35,6	99,6	19,8	23	5	5

Para mejor entendimiento, en la Tabla 7 se marcan los valores que fueron considerados como *outliers*.

Tabla 7. Valores atípicos de TNI

Tiempo neto de interacción (seg)										
Tarea	Usuario 1	Usuario 2	Usuario 3	Usuario 4	Usuario 5	Usuario 6	Usuario 7	Usuario 8	Usuario 9	Usuario 10
1	10	54	14	57	70	51	46	42	18	26
2	62	78	121	33	37	99	56	87	41	34
3	4	8	11	5	4	4	3	3	9	3
4	7	16	38	18	7	65	21	21	9	14
5	64	24	15	22	71	131	48	77	15	38
6	10	26	36	15	53	12	15	22	154	17
7	53	57	36	41	49	31	48	27	33	27
8	23	54	35	37	43	40	30	20	32	19
9	6	10	5	6	4	4	3	8	4	3
10	18	38	21	29	53	44	59	25	29	26
11	17	12	15	13	23	19	15	6	7	14
12	9	39	13	27	11	21	26	41	33	24
13	8	38	45	122	24	25	13	15	10	20

Con base en lo descrito previamente, se pudo concluir lo siguiente:

- De acuerdo con la columna de *AVG no outliers*, es decir, el tiempo de interacción promedio sin considerar valores atípicos, las tareas más demandantes en término temporales fueron respectivamente:
 1. **Tarea 2:** Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Mazda Connect™), con un tiempo de interacción promedio de 64.8 segundos.
 2. **Tarea 7:** Configurar el idioma del sistema, con un tiempo de interacción promedio de 40.2 segundos.
 3. **Tarea 1:** Conectar el teléfono móvil al vehículo a través de Bluetooth, con un tiempo de interacción promedio de 38.8 segundos.
 4. **Tarea 5:** Sintonizar una estación de radio FM en específico, con un tiempo de interacción promedio de 37.4 segundos.
 5. **Tarea 10:** Enviar un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo, con un tiempo de interacción promedio de 37.4 segundos.
 6. **Tarea 8:** Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Apple CarPlay®), con un tiempo de interacción promedio de 34.2 segundos.
 7. **Tarea 12:** Reproducir una canción a través de Spotify®, con un tiempo de interacción promedio de 24.4 segundos.
 8. **Tarea 6:** Buscar la información relacionada con el sonido del vehículo, con un tiempo de interacción promedio de 20.6 segundos.

9. **Tarea 13:** Establecer una ruta de navegación en Waze™, con un tiempo de interacción promedio de 19.8 segundos.
 10. **Tarea 4:** Reproducir una canción a través de Bluetooth, con un tiempo de interacción promedio de 15.1 segundos.
 11. **Tarea 11:** Recibir un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo, con un tiempo de interacción promedio de 14.1 segundos.
 12. **Tarea 3:** Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Mazda Connect™), con un tiempo de interacción promedio de 5.4 segundos.
 13. **Tarea 9:** Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Apple CarPlay®), con un tiempo de interacción promedio de 4.3 segundos.
- Comparando los valores promedio de TNI de los participantes con los usuarios avanzados (columna *AVG no outliers* vs. *Usuarios avanzados*), se logró notar que algunas tareas fueron realizadas en un mejor tiempo, teniendo en cuenta que los participantes, a diferencia de los usuarios avanzados, sí se les permitió hacer uso de atajos y *shortcuts*. Las tareas en las que los usuarios de esta prueba mejoraron el tiempo que los usuarios avanzados, fueron las siguientes:
 1. **Tarea 1:** Conectar el teléfono móvil al vehículo a través de Bluetooth, con un tiempo promedio de 38.8 segundos vs. 39 segundos de los usuarios avanzados.
 2. **Tarea 12:** Reproducir una canción a través de Spotify®, con un tiempo promedio de 24.4 segundos vs. 25 segundos de los usuarios avanzados.
 3. **Tarea 13:** Establecer una ruta de navegación en Waze™, con un tiempo promedio de 19.8 segundos vs. 23 segundos de los usuarios avanzados.

Estas 3 tareas contaron con usuarios que hicieron uso de atajos y *shortcuts*, y así lograron disminuir significativamente el tiempo en que les tomó completar la tarea.

Los tiempos obtenidos en este análisis, además de dar a conocer las tareas en las que mayor tiempo tardaron los usuarios y tener un primer acercamiento del rendimiento de los participantes de esta fase vs. los usuarios avanzados, también servirán como punto de referencia para la validación de los patrones de diseño de interfaces de usuario en la Fase de Validación, teniendo en cuenta que el nivel de distracción se ve incrementado a medida que la tarea toma mayor tiempo en completarse.

3.3.2. Análisis de la Carga de Trabajo Mental

Luego de haber analizado 1 de las 3 métricas de evaluación; el tiempo neto de interacción, se procedió a entender el comportamiento de los usuarios de acuerdo a la percepción de cada uno en términos de carga de trabajo mental, que corresponde a otra de estas métricas. Para ello, y como ya fue mencionado previamente, se implementó el DALI. Recordando, con esta técnica se busca que cada participante evalúe subjetivamente su carga de trabajo mental a partir de las

siguientes subescalas: (i) esfuerzo de atención, (ii) demanda visual, (iii) demanda auditiva, (iv) demanda temporal, (v) interferencia y (vi) estrés situacional.

El procedimiento del DALI está dividido en 2 partes. En la **Parte 1**, el participante evalúa la tarea de acuerdo con cada una de las 6 subescalas mencionadas en un rango de 0 a 20 (e.g. si una tarea, según el usuario, no requiere de demanda visual en lo absoluto, entonces la calificación sería 0, mientras que si requiere de una demanda visual muy alta, el valor que pondría el usuario sería 18, 19 o 20, dependiendo de su opinión). Después de evaluar la magnitud de cada uno, en la **Parte 2**, el usuario realiza una comparación por pares entre las 6 subescalas, con el fin de determinar la mayor fuente de carga de trabajo de la tarea y asignar un puntaje ponderado de la carga mental de la actividad. El puntaje ponderado es normalizado a una escala entre 0 y 10, donde 0 es una carga de trabajo mental nula y 10 es el máximo de carga.

En el siguiente enlace se puede encontrar el formato del DALI, el cual fue completado por cada usuario y para cada una de las 13 tareas realizadas: [Anexo D.](#)

De acuerdo con los valores de la Parte 1 y los pesos proporcionados por la Parte 2, se logró obtener el puntaje ponderado de carga de trabajo mental subjetiva de cada tarea. Al igual que en el análisis del tiempo de interacción, se decidió remover los valores atípicos que pudieron ser añadidos por usuarios radicales en la forma de calificar una subescala. La metodología para identificar estos valores fue el mismo que el descrito en la sección 3.3.1. Cabe resaltar que, remover estos *outliers* no quiere decir no considerarlos en todo el estudio, sino más bien, no perjudicar la calificación general de una tarea por un resultado no frecuente. También es importante mencionar que la identificación de los valores atípicos fue importante en el sentido de que se profundizó en el comportamiento del usuario cuando este presentaba un *outlier* en la tarea, y poder entender el punto de dolor del caso.

En la Tabla 8 se muestran los puntajes ponderados de cada tarea.

Tabla 8. Resultados del DALI

Índice de Carga de la Actividad de Conducción (DALI)	
Tarea	Puntaje ponderado (mín: 0, máx: 10)
1	7.0
2	7.2
3	4.9
4	5.6
5	5.8
6	6.0
7	6.7
8	7.2
9	4.9
10	8.3
11	5.6
12	6.6
13	6.6

En el [Anexo E](#) se pueden observar todos los valores y pesos obtenidos en el DALI.

Con base en los resultados presentados previamente, se pudo concluir lo siguiente:

- De acuerdo con el puntaje ponderado, las tareas que mayor carga de trabajo mental requirieron según la percepción de los usuarios fueron las siguientes, respectivamente:
 1. **Tarea 10:** Enviar un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo, con un puntaje ponderado de 8.3.
 2. **Tarea 2:** Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Mazda Connect™), con un puntaje ponderado de 7.2.
 3. **Tarea 8:** Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Apple CarPlay®), con un puntaje ponderado de 7.2.
 4. **Tarea 1:** Conectar el teléfono móvil al vehículo a través de Bluetooth, con un puntaje ponderado de 7.0.
 5. **Tarea 7:** Configurar el idioma del sistema, con un puntaje ponderado de 6.7.
 6. **Tarea 12:** Reproducir una canción a través de Spotify®, con un puntaje ponderado de 6.6.
 7. **Tarea 13:** Establecer una ruta de navegación en Waze™, con un puntaje ponderado de 6.6.
 8. **Tarea 6:** Buscar la información relacionada con el sonido del vehículo, con un puntaje ponderado de 6.0.
 9. **Tarea 5:** Sintonizar una estación de radio FM en específico, con un puntaje ponderado de 5.8.
 10. **Tarea 4:** Reproducir una canción a través de Bluetooth, con un puntaje ponderado de 5.6.
 11. **Tarea 11:** Recibir un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo, con un puntaje ponderado de 5.6.
 12. **Tarea 3:** Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Mazda Connect™), con un puntaje ponderado de 4.9.
 13. **Tarea 9:** Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Apple CarPlay®), con un puntaje ponderado de 4.9.

Los resultados obtenidos en este análisis de carga de trabajo mental, además de dar a conocer las tareas más demandantes según los usuarios, permitieron obtener un punto de referencia para la validación una vez construidos los patrones de diseño de interfaces de usuario.

3.3.3. Análisis Gráfico del Costo de Interacción

Como se mencionó en la sección 3.3.1., con el diligenciamiento del formato de observación se logró obtener el costo de interacción de cada tarea por cada usuario. Para caracterizar el comportamiento de cada participante de una mejor manera, se procedió a realizar el análisis de esta métrica de forma visual haciendo uso de grafos. En este trabajo, los grafos hacen referencia al conjunto de pasos, representados por vértices, que los usuarios dieron para completar una tarea, y los cuales son relacionados entre sí por vectores que determinan el orden en el que se dieron dichos pasos. En la Figura 36 se muestra un ejemplo del flujo de una tarea por medio de los grafos. En este caso, la tarea se completó en 5 pasos y contó con un evento adicional el cual no es parte del costo de interacción como los son los otros 5 vértices.

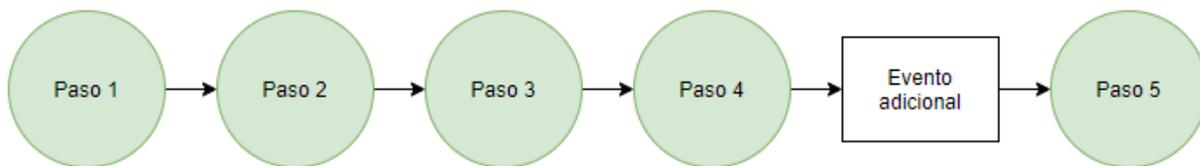


Figura 36. Ejemplo del flujo de una tarea por medio de grafos

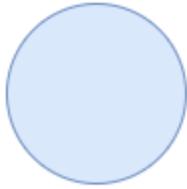
En este conjunto de grafos se utilizaron figuras y elementos adicionales para describir a mayor detalle la experiencia del conductor. En la Figura 37 se muestran los elementos utilizados para este análisis.



Un vértice **verde** corresponde a un paso (o costo) **útil** para completar la tarea.



Un vértice **rojo** corresponde a un paso (o costo) **no útil, error** o **punto de dolor** para completar la tarea.



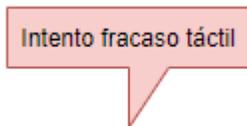
Un vértice **azul** es utilizado para describir en qué parte de la interfaz se encontraba el usuario. No es considerado como costo.



Un rectángulo **verde** es utilizado para indicar desplazamiento entre pestañas de una misma sección (e.g. en *Configuraciones*, pasar de *Pantalla* a *Sonido* o a *Sistema*, etc.).



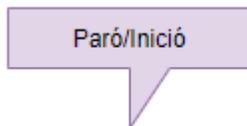
Un rectángulo **blanco** es utilizado para indicar algún evento adicional en la interacción pero que no es contado como costo (e.g. duración de la llamada con un contacto).



Una caja de diálogo **roja** es utilizada para indicar que hubo un intento fracaso de táctil, es decir, que el usuario intentó presionar la pantalla táctil pero debido a la velocidad no logró ejecutar la tarea que quería.



Una caja de diálogo **amarilla** es utilizada para resaltar el uso de algún atajo o *shortcut*, ya sea físico (e.g. botones atajo del panel de control físico del vehículo) o virtual (e.g. barra lateral de *shortcuts*).



Una caja de diálogo **morada** es utilizada para indicar que el usuario detuvo el carro mientras realizaba la tarea, y el momento en el que vuelve a iniciar.

Figura 37. Figuras y elementos de los grafos

Mencionado esto, cada una de las tareas fue representada haciendo uso de los grafos, y la principal razón fue la facilidad de identificación de patrones de comportamiento entre usuarios. Teniendo los pasos de cada participante de manera visual, poder conocer los usuarios que hayan tenido problemas fue mucho más eficiente. Además, este análisis permitió obtener de manera clara los puntos de dolor que afectaron con mayor frecuencia a los participantes de la prueba, y de esta manera tener una fuente sólida para la construcción de los patrones de diseño de interfaces de usuario.

Como ejemplo, en la Figura 38 se muestra el grafo de interacción de la Tarea 2 del Usuario 3. En este caso, el usuario debía realizar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo, y para ello realizó los siguientes pasos:

1. Estando en el menú principal, ingresó a la interfaz de *Comunicaciones*.
2. Luego, ingresó a la pestaña de *Contactos*.
3. Posteriormente, comenzó a deslizar por la lista de contactos.
4. Presionó el nombre del contacto, en este caso, *Usuario*.
5. Presionó *Móvil*.
6. Se mantuvo en la llamada con el contacto.
7. Colgó la llamada.

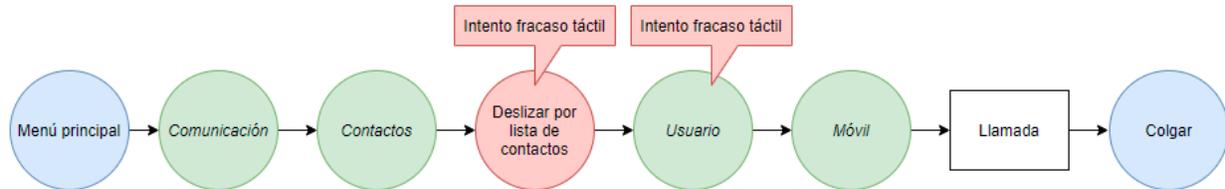


Figura 38. Grafo de la Tarea 2 del Usuario 3

Como se logra observar, el usuario tuvo un problema en el momento en que estaba deslizando por la lista de contactos (círculo resaltado en rojo) porque invirtió la mayoría del tiempo para completar la tarea realizando esta subactividad (~87% del tiempo total). Además, al iniciar a buscar al contacto en la lista, y en búsqueda de agilizar el proceso, realizó un intento de presionar la pantalla táctil sin éxito. Esta experiencia del conductor se marcó como un punto de dolor en la interacción. Luego de completado el análisis para el resto de participantes, en esta tarea se logró observar que ese mismo punto de dolor ocurrió en 5 de los 10 usuarios, por lo que se marcó como *pain point* en común y fue considerado para la construcción de los patrones de diseño. **En la sección 4.2. se describe a mayor detalle este caso y todos los demás casos que llevaron al desarrollo de los patrones.**

En el siguiente enlace se pueden encontrar todos los grafos utilizados para representar las tareas ejecutadas en la Fase de Exploración, así como los puntos de dolor identificados y hallazgos adicionales: [Anexo F.](#)

Adicionalmente a la identificación de puntos de dolor de los usuarios, que corresponden a la fuente principal de información para la construcción de los patrones de diseño, se lograron obtener resultados que permitieron conocer las tareas que mayor costo de interacción tuvieron, así como aquellas que no fueron afectadas significativamente por esta métrica de evaluación.

Con base en los resultados mencionados, se pudo concluir lo siguiente:

- De acuerdo con los grafos analizados, las tareas que mayor costo de interacción presentaron fueron las siguientes, respectivamente:

1. **Tarea 7:** Configurar el idioma del sistema, con un costo de interacción promedio de 8.
2. **Tarea 2:** Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Mazda Connect™), con un costo de interacción promedio de 6.
3. **Tarea 1:** Conectar el teléfono móvil al vehículo a través de Bluetooth, con un costo de interacción promedio de 6.
4. **Tarea 5:** Sintonizar una estación de radio FM en específico, con un costo de interacción promedio de 5.
5. **Tarea 8:** Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Apple CarPlay®), con un costo de interacción promedio de 5.
6. **Tarea 10:** Enviar un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo, con un costo de interacción promedio de 5.
7. **Tarea 13:** Establecer una ruta de navegación en Waze™
8. , con un costo de interacción promedio de 4.
9. **Tarea 12:** Reproducir una canción a través de Spotify®, con un costo de interacción promedio de 4.
10. **Tarea 6:** Buscar la información relacionada con el sonido del vehículo, con un costo de interacción promedio de 3.
11. **Tarea 11:** Recibir un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo, con un costo de interacción promedio de 3.
12. **Tarea 4:** Reproducir una canción a través de Bluetooth, con un costo de interacción promedio de 2.
13. **Tarea 3:** Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Mazda Connect™), con un costo de interacción promedio de 1.
14. **Tarea 9:** Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Apple CarPlay®), con un costo de interacción promedio de 1.

3.3.4. Segmentación de Usuarios

Luego de completar el análisis gráfico de costo de interacción, se decidió segmentar a los usuarios de acuerdo con los atributos obtenidos mediante la técnica Persona, descrito en la sección 3.1.3., con el fin de encontrar patrones de comportamiento similares entre usuarios con características similares. Para ello, se decidió segmentar a los 10 usuarios en 4 categorías de acuerdo con su experiencia con sistemas *infotainment* y los sistemas en específico utilizados. Las 4 categorías mencionadas se especifican en la Tabla 9.

Tabla 9. Segmentación de usuarios

Categoría	Frecuencia de uso de sistemas <i>infotainment</i>	¿Ha utilizado Mazda Connect™ y Apple CarPlay®?
Categoría A	Alta frecuencia	Sí
Categoría B	Alta frecuencia	No
Categoría C	Mediana frecuencia	No
Categoría D	Baja frecuencia	No

De acuerdo con los criterios de cada categoría, los usuarios ubicados en cada uno de los segmentos se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Usuarios segmentados

Categoría	Usuarios
Categoría A	1,4
Categoría B	8,10
Categoría C	2,3,9
Categoría D	5,6,7

Teniendo las 4 categorías se planteó la hipótesis de que los usuarios de la Categoría A, quienes tienen un uso frecuente de sistemas *infotainment* y además ya cuentan con experiencia en ambos sistemas utilizados en la prueba, serían quienes fueran a realizar las tareas de una manera más rápida y obteniendo menor carga de trabajo mental. Mientras que los usuarios de la Categoría D, por el contrario, serían aquellos que tardarían mayor tiempo, tendrían una carga de trabajo mental mayor y además serían quienes traerían con su interacción el mayor número de puntos de dolor a mejorar con los patrones de diseño

Para poder validar dicha hipótesis, se reorganizaron los grafos de interacción de tal forma que los usuarios de la misma categoría quedaran agrupados, los cuales inicialmente estaban organizados según el número del usuario.

Luego de haber realizado esta reorganización se lograron evidenciar algunos patrones de comportamiento entre categorías. Un ejemplo de ellos se evidencia en la Figura 39 donde ambos usuarios de la Categoría A fueron los que menos costo de interacción tuvieron en la Tarea 1

debido a que conocían algún atajo o *shortcut* para realizar la tarea de manera ágil. Esto era de esperarse pues ambos son los únicos con experiencia previa en estos sistemas en específico.



Figura 39. Grafos de interacción de los usuarios de la Categoría A vs. Categoría B en la Tarea 1

Otro ejemplo se evidencia en la Tarea 3, en la que tanto Categoría A como B no tuvieron puntos de dolor en la interacción vs. los usuarios de las categorías C y D quienes todos presentaron algún inconveniente en la experiencia con la realización de la tarea. Gráficamente esto se puede evidenciar en las Figuras 40-42.

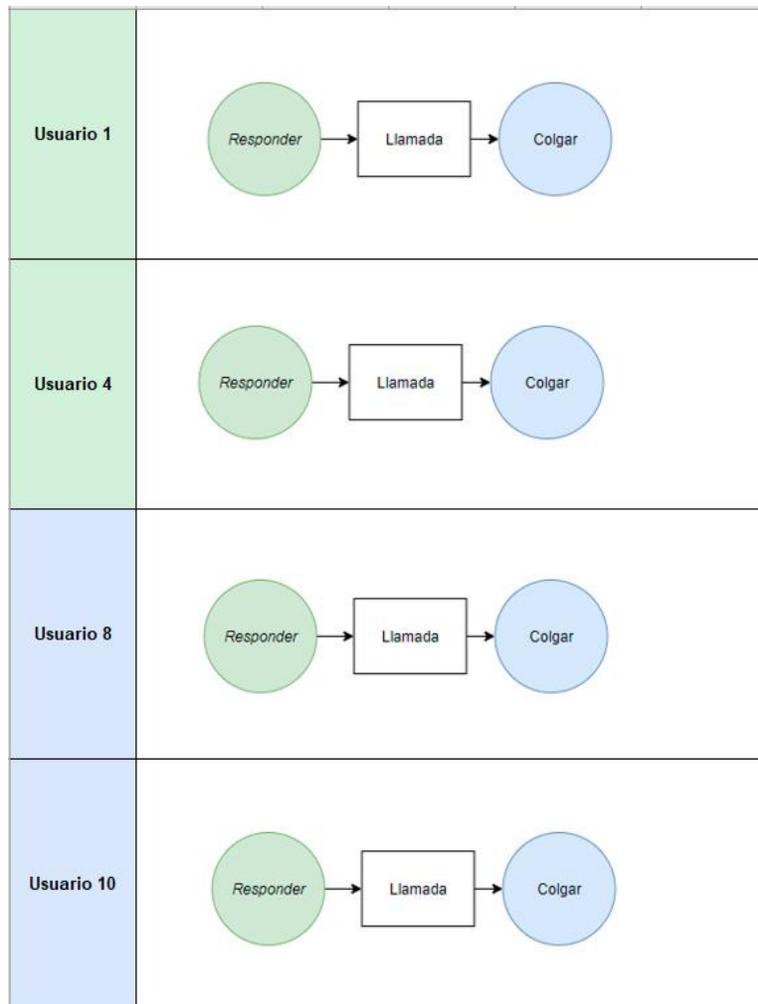


Figura 40. Grafos de interacción de los usuarios de la Categoría A y Categoría B en la Tarea 3

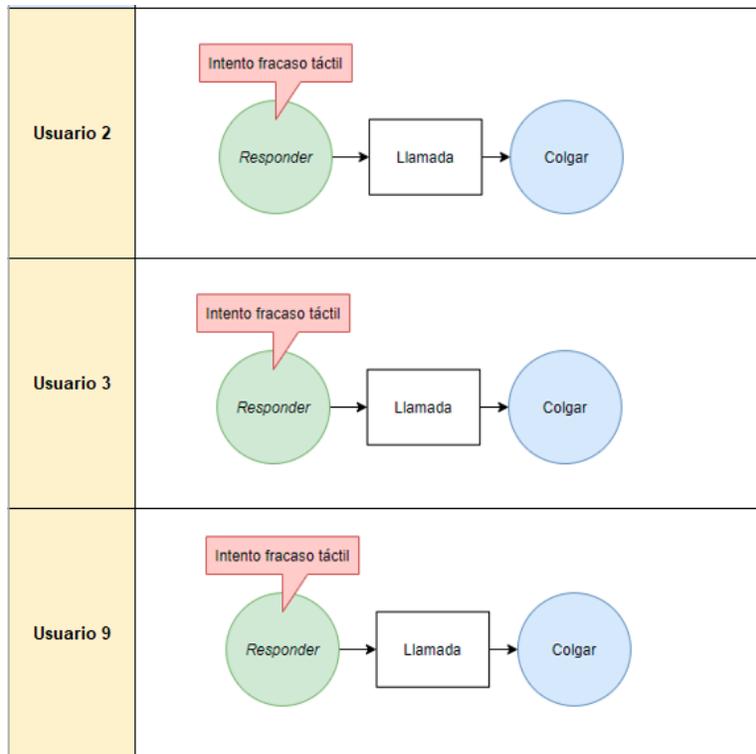


Figura 41. Grafos de interacción de los usuarios de la Categoría C en la Tarea 3

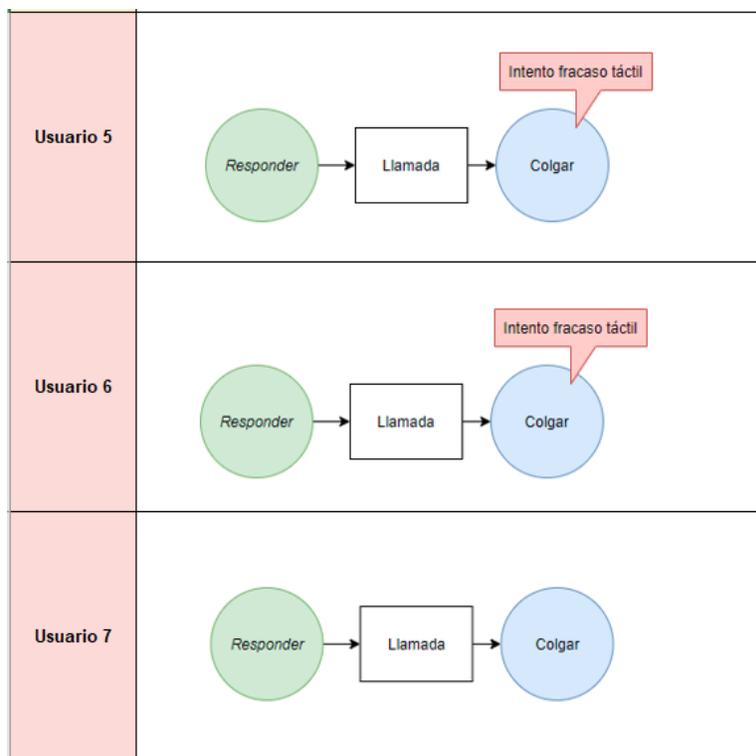


Figura 42. Grafos de interacción de los usuarios de la Categoría D en la Tarea 3

Los ejemplos propuestos y algunos otros patrones de comportamiento similares validaron en cierta parte la hipótesis que se tenía acerca de que ciertas categorías iban a tener un mejor desempeño que otras, y que en general, entre los usuarios dentro de cada categoría iba a existir un comportamiento similar, sin embargo, no se encontró un patrón **estricto** que validara que en **todas** las tareas ciertas categorías tuvieran un mejor desempeño que las otras. Esto puede demostrar que, independientemente de la experiencia que se tenga con el IVIS en específico, la realización de tareas secundarias en el vehículo siempre va a traer consigo puntos de dolor y un nivel significativo de distracción en la interacción.

3.3.5. Consolidación de resultados

La Fase de Exploración sirvió como una herramienta para acercarse a la problemática del proyecto, y poder entender y caracterizar el comportamiento de usuarios colombianos frente a la ejecución de tareas que pudieran generar distracción en el vehículo. Mencionado esto, los resultados de la Fase de Exploración pueden consolidarse en tres pilares concretos, a continuación:

1. **Se logró validar que la problemática descrita en el capítulo de introducción se evidencia en el contexto colombiano**, pues la gran mayoría de tareas presentaron puntos de dolor que deterioraron la experiencia del conductor y en un escenario aún más real, los pudo haber sometido a situaciones peligrosas por la distracción generada.
2. Se logró caracterizar el comportamiento de los usuarios frente a la ejecución de tareas en el sistema *infotainment* mediante la identificación de puntos de dolor en la interacción y también el análisis de las buenas prácticas realizadas por los usuarios. **Tanto los puntos de dolor como las buenas prácticas son la fuente principal de información para la construcción de los patrones de diseño de interfaces de usuario.** Los puntos de dolores y las buenas prácticas consideradas se describen en la sección 4.2. en conjunto con la construcción de los patrones.
3. Se lograron obtener las métricas de evaluación de las tareas (tiempo de interacción, costo de interacción y carga de trabajo mental) para poderlas tener como **punto de comparación en la Fase de Validación**, y así poder evidenciar si los patrones trajeron consigo mejoras o no.

Capítulo 4

4. Desarrollo del Modelo Conceptual

En este capítulo se describe la metodología utilizada para construir los patrones de diseño de interfaces de usuario, así como la versión final de los mismos.

Contenido

- 4.1. Estructura de los Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario
- 4.2. Propuesta de los Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario
- 4.3. Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario



Una vez finalizada la Fase de Exploración, y el análisis de los resultados de la misma, se procede con la Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual. El modelo conceptual hace referencia al conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario, los cuales fueron propuestos con base en el análisis e identificación de buenas prácticas, patrones de comportamiento y puntos de dolor durante la ejecución de tareas secundarias en el vehículo. Para desarrollar el modelo conceptual, lo primero que se hizo fue definir la estructura de los patrones a partir de la revisión de propuestas de otros patrones existentes. Posteriormente, se construyó la propuesta de los patrones definiendo los atributos *Problema*, *Solución*, *Usar cuando*, *Ejemplo* y *Categoría* para cada uno de ellos. Finalmente, en el documento se presenta la última versión del conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario para sistemas *infotainment* basados en la distracción del conductor, pilar principal del trabajo de grado.

La Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual tuvo una duración aproximada de 8 semanas, distribuidas en: 2 semanas para el estudio y especificación de la estructura de los patrones y 6 semanas para su construcción y consolidación de la versión final. En la Figura 43 se observan los procedimientos que tuvo la Fase Desarrollo del Modelo Conceptual, así como el tiempo aproximado que conllevó el desarrollo de cada uno.

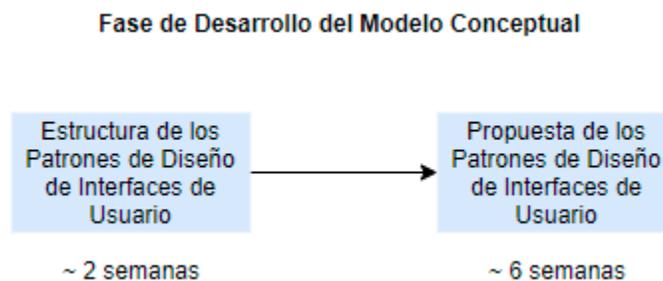


Figura 43. Etapas de la Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual

4.1. Estructura de los Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario

En el campo de la interacción humano-computador, se han utilizado patrones para documentar los resultados de estudios empíricos dado que permiten estructurar y recopilar los resultados del estudio de manera sistemática [138]. De acuerdo con lo anterior, los patrones de diseño generalmente son presentados sobre una estructura o plantilla, sin embargo, no existe una única estructura definida para presentarlos, sino que diferentes autores han establecido su propia estructura de presentación. Para la definición de la estructura de los patrones de diseño de la presente investigación, se siguieron las siguientes actividades:

1. Revisión de estructuras de patrones de diseño.
2. Comparación de estructuras de patrones de diseño.
3. Definición de la estructura propuesta para los patrones de diseño.

4.1.1. Revisión de estructuras de patrones de diseño

Para construir la estructura de los patrones de diseño de interfaces de usuario, lo primero que se hizo fue hacer una revisión de algunos de los modelos de estructuras más representativos de patrones de diseño de interfaces de usuario. Entre estos se encuentran:

- **Patrones de diseño de interacción de Van Welie [139]:** Corresponde a una colección en línea de patrones de interacción para el diseño web, diseño de interfaces gráficas de usuario e interfaces de dispositivos móviles.

Tabla 11. Estructura de patrones de Van Welie [139]

Nombre	Nombre que identifica al patrón.
Problema	Descripción de la necesidad del usuario respecto a una característica específica.
Solución	Sugerencias para dar solución a la necesidad del usuario.
Usar cuando	Descripción de las situaciones en las que se puede aplicar la solución.
Ejemplo / cómo	Ejemplo de cómo implementar la solución.
Por qué	Justificación de la solución.
Más ejemplos	Ejemplos adicionales de aplicaciones del patrón.

- **Colección de patrones de diseño de interfaces de usuario de Anders Toxboe [140]:** Es una librería en línea que enumera diferentes formas de resolver problemas de diseño comunes de interfaces de usuario, racionalizando sobre cómo, cuándo y por qué deben usarse tales soluciones.

Tabla 12. Estructura de patrones de Anders Toxboe [140]

Nombre	Nombre que identifica al patrón.
Resumen del problema	Descripción del problema que se pretende resolver, según la tarea que el usuario desea realizar en la interfaz de usuario.
Ejemplo	Corresponde a una imagen que ejemplifica el problema.
Uso	Menciona algunos escenarios que describen cuándo usar el patrón.
Más ejemplos (opcional)	Para ciertos patrones se proveen numerosas imágenes que ejemplifican la descripción del problema.
Solución	Descripción de la solución al problema definido.

Razón fundamental	Justificación de la base lógica que permitió proponer la solución.
--------------------------	--

- **Patrones de diseño de experiencia del usuario en el vehículo del Centro de HCI de la Universidad Salzburg, Austria [103]:** Conjunto de 8 patrones de diseño que describen soluciones a problemas recurrentes del sector automotriz, con un enfoque en la experiencia de usuario dentro del vehículo.

Tabla 13. Estructura de patrones de diseño automotrices [103]

Nombre	Nombre que identifica al patrón.
Intención	Un resumen breve que permite hacer un juicio rápido de si el patrón se puede aplicar en un contexto determinado.
Temas	Alcance del problema y factor de experiencia del usuario automotriz abordado.
Problema	Una descripción breve pero más detallada del problema que debe resolverse con el patrón.
Escenario	Ejemplos de situaciones donde se puede aplicar el patrón.
Solución	La solución propuesta.
Ejemplo	Ejemplos concretos de la solución propuesta.

- **Patrones para el diseño de interacción eficaz de Tidwell [141]:** Corresponde a un libro que describe numerosos patrones para dar soluciones a problemas de diseño en varios contextos. Está dirigido a diseñadores de interfaces novatos, especialistas en usabilidad y desarrolladores de software que necesitan diseñar interfaces de usuario.

Tabla 14. Estructura de patrones de diseño de interacción de Tidwell [141]

Nombre	Nombre que identifica al patrón.
Qué	Descripción del problema que aborda.
Usar cuando	Descripción de los escenarios o situaciones en las que se puede aplicar el patrón.
Por qué	Justificación de por qué surge se debe abordar el problema.
Cómo	Brinda distintas soluciones de cómo solucionar el problema.
Ejemplo	Ejemplos con imágenes que ilustran tanto el problema como la

	aplicación de la solución.
--	----------------------------

- **Patrones contextuales de experiencia de usuario de la Unidad de HCI y usabilidad de la Universidad Salzburg, Austria [142]:** Estudio que resalta el potencial del uso patrones para describir el conocimiento sobre cómo influir en la experiencia de los usuarios de una manera positiva al tomar en cuenta los parámetros de contexto durante la interacción con un sistema.

Tabla 15. Estructura de patrones contextuales de la experiencia del usuario [142]

Nombre	Nombre que identifica al patrón.
Problema	Plantea el tema principal que aborda el patrón, formulado como una pregunta basada en las experiencias realizadas por los usuarios.
Fuerzas	Elaboran aún más el planteamiento del problema. Dependen del área de aplicación y pueden describir varias limitaciones o preocupaciones relacionadas al uso del patrón.
Parámetros del contexto	Describe cuándo es apropiado aplicar un patrón en particular. Dando información sobre las características del contexto de uso.
Solución	Una solución debe describirse con precisión y no debe imponer nuevos problemas.
Ejemplo	Representación de cómo el patrón se ha utilizado con éxito en un sistema.

4.1.2. Comparación de estructuras de patrones de diseño

A partir de la revisión de diferentes estructuras de patrones de diseño de interfaces de usuario, se hace un cuadro comparativo para ilustrar aquellos atributos que tienen en común las diferentes estructuras, así como las diferencias que presentan. Para la construcción del cuadro, se tuvo en cuenta que hay atributos que a pesar de tener diferentes nombres, tienen la misma intención. Por ejemplo, el atributo definido como “Usar cuando” de los autores Wellie [139] y Tidwell [141], tiene la misma intención que los atributos “Uso” y “Escenario” de los patrones de Toxboe [140] y del centro de HCI de la Universidad de Salzburg [103], respectivamente, donde se describen las posibles situaciones en la que se puede aplicar el patrón. Lo mismo aplica para el atributo “Qué” de Tidwell que hace referencia a “qué problema aborda el patrón”, por lo tanto se agrupa con el atributo definido como “Problema” en las otras propuestas. En la Tabla 16 se presenta el cuadro comparativo mencionado.

Tabla 16. Cuadro comparativo de estructuras de patrones de diseño

	Van Welie	Toxboe	Centro de HCI (Universidad Salzburg)	Tidwell	Unidad de HCI y usabilidad (Universidad Salzburg)
Nombre	X	X	X	X	X
Problema / Qué	X	X	X	X	X
Solución / Cómo	X	X	X	X	X
Usar cuando / Uso / Escenario	X	X	X	X	
Ejemplo	X	X	X	X	X
Por qué / Razón fundamental	X	X		X	
Temas			X		
Intención			X		
Parámetros del contexto					X
Fuerzas					X
Más ejemplos	X	X			

De la Tabla 16 se puede observar que:

- Todas las propuestas de patrones revisadas tienen una sección con el nombre del patrón, la descripción del problema que abarca el patrón, la solución propuesta para resolver el problema, la situación o escenario que describe cuándo usar el patrón (exceptuando la propuesta de [142]) y ejemplo(s).
- 3 de las 5 propuestas tienen una sección de “Por qué” o “Razón fundamental” que describe los fundamentos teóricos o prácticos de cómo surge la solución.
- 2 de las 5 propuestas tienen una sección de “Más ejemplos”, que es opcional y se agrega en caso de que se tengan más ejemplos ilustrativos del patrón.
- Solo una de las propuestas tiene una sección de “Temas” e “intención”.
- Solo una de las propuestas tiene una sección de “Parámetros del Contexto” y “Fuerza”.

4.1.3. Definición de la estructura propuesta para los patrones de diseño

Para definir la estructura o plantilla de los patrones de diseño de la presente investigación, se utilizan las observaciones obtenidas a partir del cuadro comparativo. Además, teniendo en cuenta la definición de patrón de diseño como el conjunto de soluciones que resuelven problemas de diseño comunes que ocurren en un contexto en específico [49], se determina que un patrón debería tener, por lo menos, las secciones donde se especifique el problema, la solución y el escenario de aplicación del patrón. De acuerdo con esto, se definen los primeros atributos que tendrá la estructura, los cuales corresponden al “**Problema**”, “**Solución**” y “**Usar cuando**”, que también están presentes en las 5 propuestas revisadas anteriormente. Asimismo, se decide que la sección “**Ejemplo**” presente en todas las propuestas, es fundamental para ilustrar la solución descrita. Además, se determina que asignar un **nombre** a cada patrón es esencial para poder identificarlo fácilmente. Respecto a la sección de “Por qué” o “Razón fundamental” presente en 3 propuestas, que describe los fundamentos teóricos o prácticos que soportan la solución, se decide que no se definirán como una sección aparte en la estructura, sino que se incluirán dentro de la misma sección de “Solución”. Por otro lado, con respecto a la sección “Más ejemplos”, presente en dos de las propuestas, se decide no incluirla por separado, sino que en caso de que se tengan varios ejemplos, se presentarán todos dentro de la sección “Ejemplo”. Adicionalmente, se considera que las secciones que solo se representaban en una propuesta, eran muy específicas para los patrones tratados en las mismas, y no se contemplan como adecuadas para el propósito de esta investigación. Finalmente, se toma la decisión de agregar una sección que ha sido definida como “**Categoría**” que permite hacer una clasificación de los patrones dentro de áreas generales a las que hace alusión cada uno y se explicarán más adelante en la sección 4.2.3.

De acuerdo con lo anterior, la estructura definida para presentar los patrones de diseño se presenta a continuación:

Tabla 17. Estructura definida para la presentación de los patrones

Nombre del patrón	
Problema	Descripción del problema que se espera tratar o resolver con el patrón.
Solución	Descripción de la solución propuesta para resolver el problema. Las soluciones de diseño pueden ser desde sugerencias muy generales hasta sugerencias muy concretas para el patrón en específico y están soportadas por resultados empíricos, fundamentos teóricos, recomendaciones y directrices existentes.
Usar cuando	Descripción de la situación o posibles escenarios en los que es apropiado aplicar la solución.

Ejemplo	Presentación de uno o varios ejemplos que ilustran de manera más clara el uso del patrón.
Categoría	Área general en la que se puede clasificar el patrón. Puede utilizarse para tener una lectura más sencilla del conjunto de patrones.

4.2. Propuesta de los Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario

Una vez definida la estructura, se procede a desarrollar la propuesta de los patrones de diseño. Esta propuesta puede presentarse en 2 procedimientos:

1. Construcción de la propuesta de patrones.
2. Categorización de los patrones.

Propuesta de los Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario

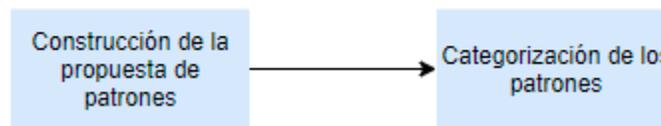


Figura 44. Etapas de la propuesta de los patrones de diseño de interfaces de usuario

4.2.1. Construcción de la propuesta de patrones

Como se mencionó anteriormente, los puntos de dolor y las buenas prácticas identificados a partir del análisis de los resultados de la Fase de Exploración, son la fuente principal de información para la definición de los problemas recurrentes que abordan los patrones de diseño propuestos. En el presente trabajo, se definen *buenas prácticas* como aquellas alternativas de interacción que resultan en la disminución de una o múltiples métricas de evaluación, ya sea tiempo de interacción, costo de interacción o carga de trabajo mental percibida. Por otro lado, se entiende como puntos de dolor, aquellos problemas que ocurren durante la interacción e implican un costo para los usuarios [143]. Para este caso, los puntos de dolor son problemas recurrentes identificados en la interacción con el sistema *infotainment* que implican un costo para los conductores. Este costo generalmente se traduce en un aumento de una, varias o de todas las métricas de evaluación.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a construir la propuesta de los patrones de diseño como se muestra a continuación:

I. Patrón 1: Botones físicos como atajo en el sistema

Este primer patrón surge a partir de una buena práctica que ya se había mencionado previamente en las conclusiones del Análisis del Método de Observación. Esta buena práctica consiste en que, debido a que a los participantes de la Fase de Exploración se les permitió hacer uso de atajos físicos y virtuales durante la interacción, se pudo observar que, para algunas de las tareas, el TNI promedio de los participantes fue menor al TNI promedio de los usuarios avanzados, a los que no se les permitió usar atajos ni físicos ni virtuales. Esta situación se presenta específicamente en la Tarea 1, la Tarea 12 y la Tarea 13.

Por ejemplo, para la Tarea 1 correspondiente a *Conectar el teléfono móvil al vehículo a través de Bluetooth*, donde 4 de los 10 usuarios utilizaron atajos físicos o virtuales, se observó que el TNI promedio de los participantes fue de 38.8 segundos, mientras que el TNI promedio de los usuarios avanzados fue de 39 segundos. Por lo tanto, el uso de shortcut físicos o virtuales permitió disminuir el TNI. Ahora bien, analizado los resultados de la misma tarea respecto al costo de interacción, se puede observar que el costo de interacción de un usuario avanzado es mucho más elevado que el costo de un usuario que utilizó un shortcut físico o virtual. Esto se ilustra en las Figuras 45-46.

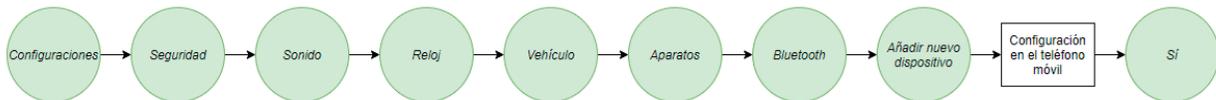


Figura 45. Grafo de interacción de la Tarea 1 (Usuarios avanzados)



Figura 46. Grafo de interacción de la Tarea 1 (Usuario utilizando *shortcut*)

De las figuras anteriores, se observa que para la Tarea 1, el costo de interacción (CI) de los usuarios avanzados (sin uso de *shortcut*) implica 9 pasos y el CI de un usuario que utiliza un *shortcut* es 4. Por lo tanto, hay una disminución de CI cuando se utiliza este atajo durante la ejecución de la tarea.

Lo mismo ocurrió en la Tarea 12 (*Reproducir una canción a través de Spotify®*) y Tarea 13 (*Establecer una ruta de navegación en Waze™*), con el uso de shortcuts virtuales por parte de los participantes. Para la Tarea 12, el TNI promedio de los participantes fue de 24.4 segundos, mientras que el TNI promedio de los usuarios avanzados fue de 25 segundos, además, analizando los grafos de interacción se observa que el CI de los usuarios que utilizan shortcuts virtuales generalmente es de 3 y el CI de los usuarios avanzados es de 4. De la misma manera ocurre en la Tarea 13, donde el uso de shortcuts virtuales por los participantes implicó un menor TNI promedio y menor CI que los de los usuarios avanzados que no se les permitió usar shortcuts.

Finalmente, se resume la buena práctica 1 en que el uso de atajos o shortcuts, ya sean físicos o virtuales, puede disminuir el TNI y el CI al realizar una tarea.

A partir de la identificación de esta buena práctica, se procede a formular el primer patrón de diseño. Cabe destacar que, las buenas prácticas ayudan a aclarar cómo abordar una solución de diseño y, en general, es la forma más eficiente y eficaz de resolver un problema, aunque no necesariamente la única [144]. Es decir, las buenas prácticas se toman como sugerencias para dar solución a un problema de la forma más eficaz y eficiente. De acuerdo con lo anterior, para la definición de los problemas que abordarán los patrones, se toman las buenas prácticas identificadas como sugerencias de soluciones, y a partir de ellas, se definen los problemas que estas buenas prácticas podrían ayudar a resolver.

Por lo tanto, para este patrón se define un problema cuya solución pueda ser abordada desde el uso de atajos físicos o virtuales. Sin embargo, debido a que las consideraciones de diseño de los atajos físicos son diferentes a las de los atajos virtuales, se decide abordarlos por separado y trabajar en este patrón sólo los atajos físicos.

Teniendo en cuenta que los problemas se describen de forma concisa y en términos de una necesidad del conductor o en términos de requerimientos y/o especificaciones en la interacción o en la interfaz, se define el problema del Patrón 1 de la siguiente manera:

El conductor requiere acceder a una sección o funcionalidad del sistema de manera ágil para realizar una tarea que se considera frecuente en el contexto geográfico.

A partir de este problema, se definen las secciones *Solución*, *Usar cuando* y *Ejemplo*, y se construye el Patrón 1 identificado con el nombre de **Botones físicos como atajo en el sistema**, tal como se muestra a continuación, en la Tabla 18:

Tabla 18. Patrón 1 de *Botones físicos como atajo en el sistema*

Patrón 1: Botones físicos como atajo en el sistema	
Problema	El conductor requiere acceder a una sección o funcionalidad del sistema de manera ágil para realizar una tarea que se considera frecuente en el contexto geográfico.

Solución

- **Incluir un botón o tecla física como atajo o *shortcut*** puede reducir el costo de interacción, el tiempo neto de interacción e inclusive, la carga de trabajo mental del conductor al realizar una tarea. La reducción de alguno de estos tres factores puede resultar en una disminución del nivel de distracción generado por la tarea.

En la Figura 47 se observa el mando central de control con los diversos atajos físicos que contiene el sistema *Mazda Connect™*.



Figura 47. Mando central de control con diversos atajos físicos del Mazda Connect™ [145]

En caso de incluir un botón o tecla física, se debe considerar lo siguiente:

- El botón o tecla física debe incluir un ícono o una etiqueta de texto.
- En caso de incluir un ícono, este debe estar relacionado con la funcionalidad del botón, debe ser intuitivo para el conductor, y debe ser entendible en el contexto geográfico. Preferiblemente, debe ser un ícono de comprensión universal [146, 150-151].
- En caso de incluir una etiqueta de texto, ésta debe estar relacionada con la funcionalidad del botón, debe ser descriptiva para el conductor, y debe contar con un vocabulario entendible en el contexto geográfico. Preferiblemente, debe contener palabras de comprensión universal [147-149, 152-153].
- Las etiquetas de texto sirven como alternativa para identificar los botones cuando los signos gráficos o íconos pueden llegar a ser ambiguos o dependientes del contexto [146, 154].
- Como ejemplo, en la Figura 48 se pueden observar los íconos que acompañan a los botones físicos en el mando central de control del Mazda Connect™.

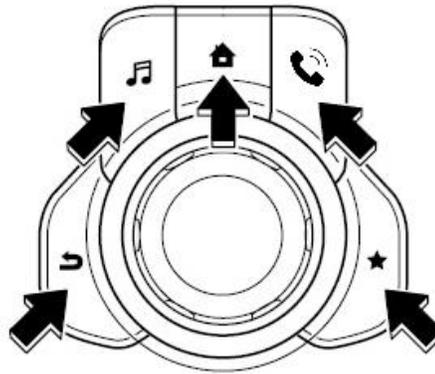
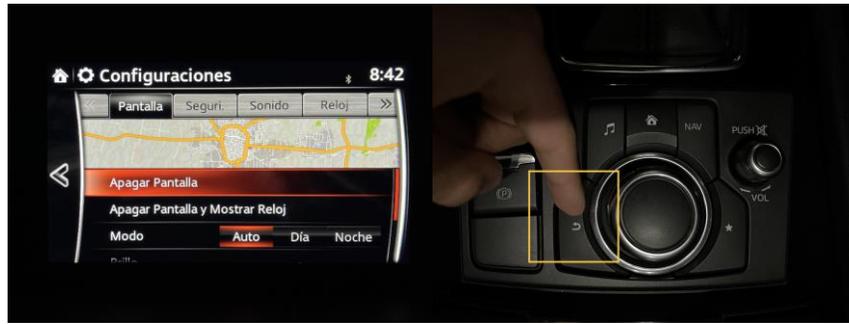


Figura 48. Detalles de los íconos de los atajos físicos del Mazda Connect™ [155]

Adicionalmente:

- El botón o tecla física debe ubicarse estratégicamente para que el conductor logre alcanzarlo de la manera más ágil, y esto evite que se genere un alto nivel de distracción manual [103,156].
- El número de *shortcuts* físicos debe ser limitado, permitiéndole al conductor realizar únicamente las tareas más frecuentes a nivel geográfico. Esto evita que se presente una saturación de opciones y que se pierda completamente el objetivo del patrón, que corresponde a ejecutar las tareas principales de manera ágil.

<p>Usar cuando</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar únicamente cuando la tarea se considere frecuente en el contexto geográfico, es decir, que la tarea sea una actividad que sea realizada de manera recurrente por los usuarios del país o región en donde se implemente el diseño de la interfaz.
<p>Ejemplo</p>	<p>Reproducir una canción en el sistema es una de las tareas más recurrentes en el contexto en el que se ejecutó el estudio. Si un usuario se encuentra en una interfaz distinta al menú principal, le va a tomar múltiples costos de interacción para regresar al menú y eventualmente ingresar a la interfaz de <i>Entretenimiento</i> y así, poder reproducir la canción. La Figura 49 muestra el flujo que le tomaría al conductor regresar de la interfaz de <i>Configuraciones</i>, ingresar a <i>Entretenimiento</i>, elegir la fuente y por último reproducir la canción.</p>



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

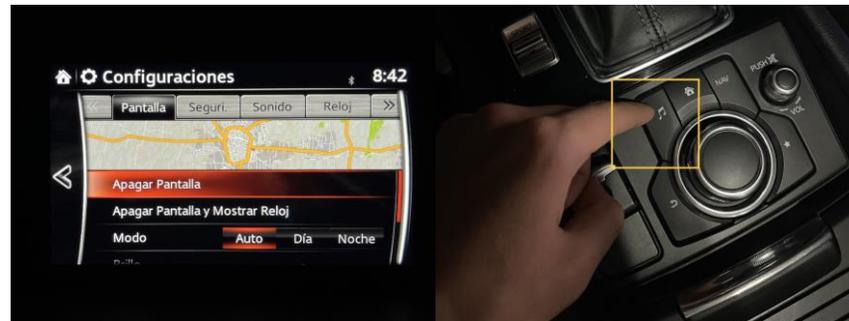
(f)



(g)

Figura 49. Flujo para reproducir una canción **sin el uso de un atajo físico**

La inclusión de un *shortcut* físico en el mando central o *knob*, puede reducir la cantidad de pasos necesarios para llegar a una tarea que el usuario realiza con frecuencia, como se logra observar en el flujo de la Figura 50.



(a)

(b)



(c)

Figura 50. Flujo para reproducir una canción **con el uso de un atajo físico**

En el estudio, logramos observar cómo los usuarios que reprodujeron la canción a través de este atajo, tuvieron un menor costo de interacción que aquellos que no hicieron uso de este *shortcut*, pues no les tocó regresar al menú principal, sino que desde la interfaz donde estaban llegaron directamente, y, algunos incluso, reprodujeron la canción en un único costo de interacción. Adicionalmente, la carga mental de trabajo subjetiva promedio que dieron a conocer los usuarios que usaron el atajo fue menor que la de aquellos que no lo usaron.

II. Patrón 2: Barra de acceso rápido personalizada

El segundo patrón también se construye a partir de la buena práctica que determina que el uso de atajos o shortcuts, ya sean físicos o virtuales, puede disminuir el TNI y el CI al realizar una tarea. Sin embargo, como ya se mencionó en la propuesta del patrón anterior, los atajos físicos y los atajos virtuales se abordaron por separado. Para este patrón, se abordarán los atajos virtuales.

A diferencia de los shortcuts físicos representados por botones o teclas físicas permanentes en el vehículo, los atajos virtuales están contenidos en una barra de acceso rápido. Los usuarios pueden acceder a esta barra desde cualquier interfaz del sistema en la que se encuentran y, los atajos y *shortcuts* se actualizan de forma personalizada según la frecuencia con la que el usuario accede a una funcionalidad del sistema.

Por lo tanto, definiendo un problema que pueda ser solucionado a partir de las consideraciones anteriores, y expresándolo en términos de una necesidad del conductor, se presenta la definición del problema del Patrón 2 de la siguiente manera:

El conductor requiere acceder a una sección o funcionalidad del sistema de manera ágil para completar una tarea que realiza frecuentemente.

A partir de este problema, se definen las secciones *Solución*, *Usar cuando* y *Ejemplo*, y se construye el Patrón 2 identificado con el nombre de ***Barra de acceso rápido personalizada***, tal como se muestra a continuación, en la Tabla 19:

Tabla 19. Patrón 2 de *Barra de acceso rápido personalizada*

Patrón 2: Barra de acceso rápido personalizada	
Problema	El conductor requiere acceder a una sección o funcionalidad del sistema de manera ágil para completar una tarea que realiza frecuentemente .
Solución	<ul style="list-style-type: none"> ● Incluir una barra de acceso rápido personalizada con atajos o <i>shortcuts</i> puede reducir el costo de interacción, el tiempo neto de interacción e inclusive, la carga de trabajo mental del conductor al realizar una tarea. La reducción de alguno de estos tres factores puede resultar en una disminución del nivel de distracción generado por la tarea. ● Los <i>shortcuts</i> incluidos en la barra se deben ajustar al comportamiento del usuario de acuerdo con la recurrencia de las tareas que ejecuta en el sistema, por lo que la barra se debe actualizar automáticamente según esta frecuencia de uso [157-158]. ● La personalización de la interfaz según el comportamiento del usuario puede dar como resultado niveles de eficiencia más altos, y, por lo tanto, una mayor satisfacción del usuario en general. Adicionalmente, la personalización de la interfaz puede incrementar el rendimiento de la ejecución de la tarea y reducir el nivel de esfuerzo requerido para completarla [159-160]. <p>En la Figura 51 se observa la barra de acceso rápido personalizada que contiene el sistema <i>Apple CarPlay</i>[®].</p>

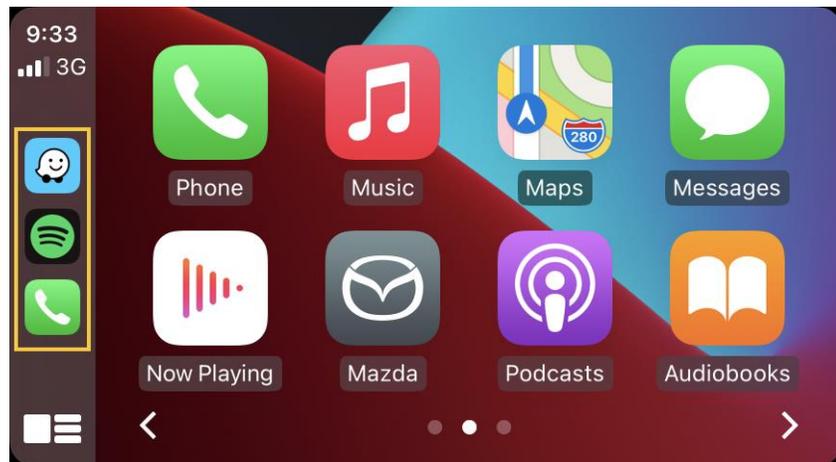


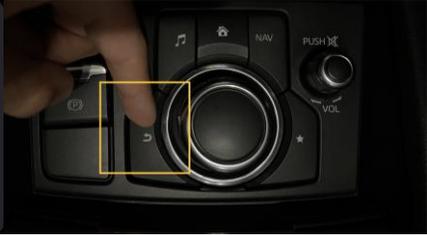
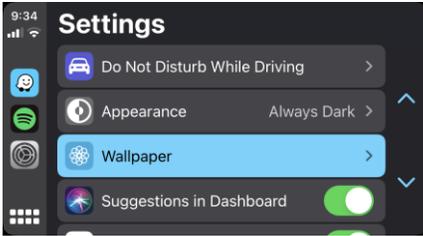
Figura 51. Barra de acceso rápido personalizada de Apple CarPlay® [161]

En caso de incluir esta barra de acceso rápido, se debe considerar lo siguiente:

- Cada *shortcut* incluido en la barra debe incluir un ícono.
- El ícono debe estar relacionado con la funcionalidad del atajo, debe ser intuitivo para el conductor, y debe ser entendible en el contexto geográfico. Preferiblemente, debe ser un ícono de comprensión universal. [146, 150-151]
- En caso de tratarse de la aplicación de alguna empresa en particular, se recomienda utilizar como ícono, el logo de la aplicación [162].
- En caso de que se trate de una aplicación también incluida en los teléfonos móviles, el ícono debe incluir el mismo logo que el que aparece en estos dispositivos para conservar la consistencia [163].

Adicionalmente:

- La barra debe ubicarse estratégicamente para que el conductor logre alcanzarla de la manera más ágil, y esto evite que se genere un alto nivel de distracción manual [156].
- La barra debe ser visible en todo momento, para que el conductor pueda acceder fácilmente a las aplicaciones desde cualquier lugar de la interfaz en donde se encuentre, inclusive, si está realizando otra tarea.
- El número de *shortcuts* dentro de la barra debe ser limitado, permitiéndole al conductor realizar las tareas que realiza con mayor frecuencia [6]. Esto evita que se presente una saturación de opciones y que se pierda completamente el objetivo del patrón, que corresponde a ejecutar las tareas más recurrentes de la manera más ágil.

<p>Usar cuando</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar únicamente cuando la tarea sea realizada frecuentemente por el conductor.
<p>Ejemplo</p>	<p>Siguiendo un flujo regular sin atajos, para ingresar a una aplicación incluida en el sistema, el conductor debe retroceder múltiples veces para llegar al menú principal, luego deslizar hacia la página donde se encuentra la aplicación y posteriormente ingresar a ella. En la Figura 52 se logra observar cómo el conductor ingresa a <i>Spotify</i>® estando inicialmente en la interfaz de configuración de fondo de pantalla.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>(c)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(d)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>(e)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(f)</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p>(g)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Figura 52. Flujo para ingresar a Spotify® sin el uso de la barra de acceso rápido</p>

Haciendo uso de la barra de acceso rápido, el conductor puede ingresar a la aplicación en un solo costo de interacción desde cualquier parte en donde se encuentre, como se observa en la Figura 53.

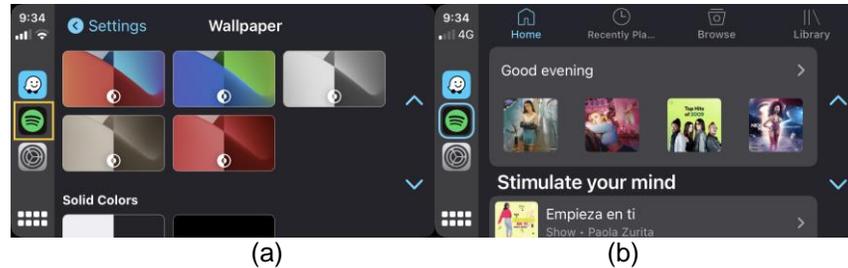


Figura 53. Flujo para ingresar a Spotify® con el uso de la barra de acceso rápido

En el estudio realizado, y teniendo como referencia la tarea de **reproducir una canción desde una aplicación de Internet** (más específicamente, *Spotify*®), aquellos usuarios que hicieron uso de los *shortcuts* tuvieron un menor costo de interacción al ingresar a la aplicación, y obtuvieron un tiempo neto de interacción de casi la mitad que aquellos que siguieron el flujo regular para completar la tarea. Adicionalmente, la carga mental de trabajo subjetiva promedio que dieron a conocer los usuarios que usaron el atajo fue menor que la de aquellos que no lo usaron.

III. Patrón 3: Profundidad y amplitud de los menús

El tercer patrón surge a partir de un punto de dolor identificado en las Tareas 1 y 7, que corresponden a *Conectar el teléfono móvil al vehículo a través de Bluetooth* y *Configurar el idioma del sistema*, respectivamente. Estas son las dos tareas que registraron mayor costo de interacción y, también se encuentran entre las que registraron elevados tiempos netos de interacción y carga de trabajo percibida. Por ejemplo, para la Tarea 7, si se sigue el flujo de interacción como el que siguieron los usuarios avanzados, para hacer la tarea se tienen que completar un total de 10 pasos mientras se conduce, lo cual es un costo de interacción muy elevado comparado a otras tareas. Esto se debe a que, para poder configurar el idioma del sistema, se debe ingresar primero al menú *Configuraciones* y a partir de ahí se deben recorrer todos los subniveles que hay en este, hasta llegar a *Sistema*. En la Figura 54 se puede observar el menú *Configuraciones*, que tiene 7 subniveles de profundidad (*Pantalla, Seguridad, Sonido, Reloj, Vehículo, Aparatos y Sistema*), y además, cada uno de ellos está formado por múltiples opciones.



Figura 54. Menú de *Configuraciones*

En esta tarea, todos los usuarios registraron un costo de interacción elevado debido al número de subniveles que debían recorrer, y la mayoría de los usuarios se detuvo a observar o a desplazarse por todas las opciones disponibles en cada subnivel, que también eran numerosas, para ver si encontraban ahí la opción de configurar el idioma. Lo mismo se presentó en la Tarea 1, donde para conectar el teléfono móvil al vehículo por *Bluetooth*, también se debía acceder desde el menú de *Configuraciones*, a menos de que se utilizara un shortcut.

De acuerdo a lo anterior, se especifica que un punto de dolor se presenta **cuando el uso de un menú formado por numerosos subniveles, a su vez formados por numerosas opciones, eleva el costo de interacción para completar la tarea, así como el tiempo neto y la carga de trabajo percibida.**

A partir de este punto de dolor, se define el problema que abarca el Patrón 3, que, descrito de forma concisa y general, en términos de una necesidad o requerimiento en la interfaz de usuario, se tiene:

Los menús en la interfaz deben estructurarse de tal forma que el conductor pueda completar una tarea de la forma más eficiente

A partir de este problema, se definen las secciones *Solución*, *Usar cuando* y *Ejemplo*, y se construye el Patrón 3 identificado con el nombre de **Profundidad y amplitud de los menús**, tal como se muestra a continuación, en la Tabla 20:

Tabla 20. Patrón 3 de *Profundidad y amplitud de los menús*

Patrón 3: Profundidad y amplitud de los menús	
Problema	Los menús en la interfaz deben estructurarse de tal forma que el conductor pueda completar una tarea de la forma más eficiente.

Solución

- **Limitar la profundidad y la amplitud de los menús en la interfaz** puede reducir el costo de interacción, el tiempo neto de interacción e inclusive, la carga de trabajo mental del conductor al realizar una tarea. La reducción de alguno de estos tres factores puede resultar en una disminución del nivel de distracción generado por la tarea.
- La profundidad del menú hace referencia a la cantidad de subniveles o categorías dentro del menú, mientras que la amplitud corresponde a la cantidad de opciones en cada uno de estos subniveles [164-166].
- Por ejemplo, en la Figura 55a, la pestaña *Sistema* contaría como la profundidad 1 y su amplitud sería el número de opciones que tiene, es decir 7 (solo se observan 5 en pantalla). Si el usuario ingresa a una de estas opciones, por ejemplo, a *Idioma* (Figura 55b), entonces *Idioma* sería la profundidad 2 y su amplitud sería la cantidad de lenguajes que se pueden configurar, es decir 12 (solo se observan 5 en pantalla).



(a)



(b)

Figura 55. Profundidad y amplitud del sistema

Ahora bien, la profundidad de *Sistema* en el anterior ejemplo se contaría como 1 si el conductor iniciara su tarea desde ese instante, sin embargo, para alcanzar esta pestaña, el usuario debe ingresar a *Configuraciones* primero, por lo que sería profundidad 2, e *Idioma*, profundidad 3.

- Para poder limitar los atributos de los menús se puede seguir la fórmula derivada empíricamente y proporcionada por Burnett et al. [167], que corresponde a:

$$T = D(0.87 + 1.24 * \log_e (B)) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde T es el tiempo para completar la tarea, D es la profundidad del menú y B es la amplitud del menú.

- De esta fórmula se busca encontrar un valor para la profundidad y la amplitud que dé como resultado un tiempo que no supere las recomendaciones de asociaciones internacionales como la NHTSA que indica que una tarea no debería permitir que el usuario aparte la mirada de la vía por más de 12 segundos repartidos en 6 periodos de 2 segundos o menos, o 9 segundos repartidos en 6 periodos de 1.5 segundos o menos [44]. Otros casos como la JAMA recomiendan no superar un tiempo de 7.5 segundos [43], y la AAM sugiere no sobrepasar los 15 segundos [99].
- En caso de seguir las recomendaciones de la NHTSA, y el factor de recomendación de 12 segundos, se puede seguir la Tabla 21 para mantener una estructura acorde a la recomendación.

Tabla 21. Profundidad y amplitud del menú siguiendo las recomendaciones de 12 segundos de la NHTSA [44]

Profundidad del menú	Amplitud del menú
3	12
4	5
5	3
6	2

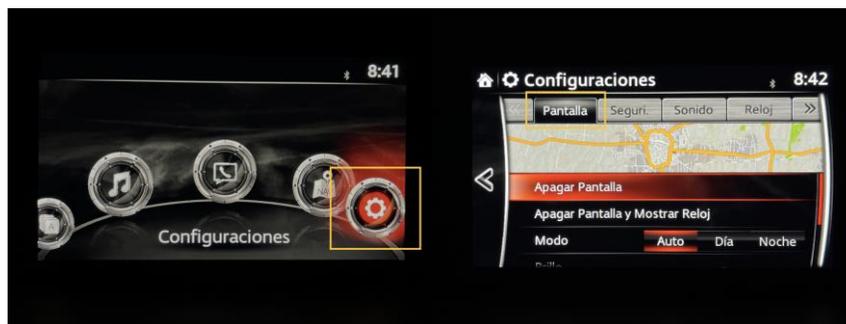
- Adicionalmente, cabe resaltar que, aunque siguiendo las recomendaciones establecidas por esta fórmula se mantiene un equilibrio entre la profundidad y la amplitud del menú para no superar los límites sugeridos de tiempo, contar con más de 9 elementos en un solo subnivel ya genera una demanda cognitiva considerable para resultar en distracción [168]. Mencionado esto, se debe tener en mente este número para no saturar una sola profundidad del menú con más de 9 opciones.

Usar cuando

- Usar cuando las opciones de los menús pueden ser segmentadas en grupos de acuerdo con su funcionalidad.

Ejemplo

En la Figura 56 se logra observar el flujo completo que realiza el conductor para **configurar el idioma de la interfaz**. Inicialmente ingresa a *Configuraciones*, que corresponde a una profundidad de 1 y tiene una amplitud de 5 (Figura 56a). Luego, estando en *Configuraciones*, el sistema lleva al usuario al subnivel *Pantalla* por defecto, que cuenta con 7 opciones (Figura 56b). El conductor debe movilizarse por cada una de las 7 pestañas hasta llegar a *Sistema*. Si analizamos cada uno de los subniveles por los que atraviesa el usuario, encontramos que *Seguridad* tiene 1 opción (Figura 56c), *Sonido* tiene 7 opciones (Figura 56d), *Reloj* tiene 5 opciones (Figura 56e), *Vehículo* tiene 4 opciones (Figura 56f), *Aparatos* tiene 4 opciones (Figura 56g), y por último, *Sistema* tiene 7 opciones (Figura 56h). El usuario posteriormente debe ingresar a *Idioma* (Figura 56i), elegir la opción deseada (Figura 56j) y por último confirmar el cambio (Figura 56k), y esperar a que se procese (Figura 56l).



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

(f)



(g)

(h)



(i)

(j)

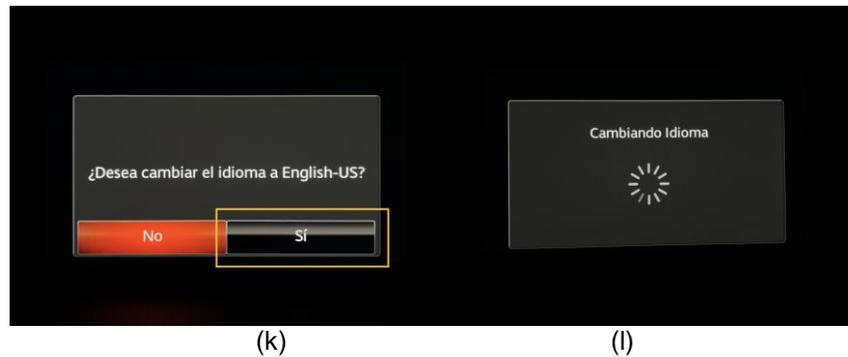


Figura 56. Flujo para configurar el idioma de la interfaz

Ahora, si bien cada una de las pestañas no cuentan técnicamente como una nueva profundidad porque corresponden a un mismo nivel de jerarquía en el menú, al estar distribuidas de tal forma que el usuario debe pasar cada una de ellas para lograr configurar un atributo del sistema, como lo es el idioma, generan el mismo impacto como si cada una de ella fuera subnivel de la anterior. Por lo tanto, las pestañas pueden considerarse como profundidades distintas y se puede identificar a *Sistema* como una profundidad de 8 y una amplitud de 7, que incumple la fórmula presentada en la solución.

En el estudio se logró evidenciar cómo en este tipo de tareas, todos los usuarios, sin importar la experiencia que tuvieran con el sistema, presentaron inconvenientes debido a la saturación de opciones, y en algunos casos, la estructuración inadecuada de la información. Otro de estos ejemplos corresponde a la tarea de **conectar el teléfono móvil a través de Bluetooth**, que así mismo como en la tarea de cambiar el idioma, **los** usuarios presentaron un alto costo de interacción, un tiempo neto superior a todas las recomendaciones presentadas, y una demanda de trabajo mental subjetiva lo suficientemente alta para incluir estas dos tareas dentro de las tres tareas más demandantes.

IV. Patrón 4: Filtros de búsqueda rápida

Este patrón se construye a partir de una buena práctica y de un punto de dolor identificados en las mismas tareas. Esto se dió porque en dos tareas, se encontraron tanto aspectos positivos que realizaron algunos usuarios como también dificultades que presentaron otros. Esta situación se presentó en las Tareas 2 y 8, correspondientes a *Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo en Mazda Connect™* y en *Apple Carplay®*, respectivamente.

Para la Tarea 2, se pudo observar que, para encontrar al usuario en el directorio telefónico, la mitad de los participantes se deslizaron por toda la lista de contactos hasta llegar al deseado, y la otra mitad, usó una barra lateral que contiene el alfabeto y sirve como filtro para llegar a los nombres que inician con la letra que se seleccione en dicha barra. La diferencia, en términos de

TNI, entre los usuarios que usaron la barra lateral para filtrar contactos y los que no la usaron es bastante significativa. Esto se ilustra en la Tabla 22, donde se puede observar que a excepción del usuario 9, todos aquellos usuarios que hicieron uso de la barra lateral de filtro de contactos, marcaron un TNI más bajo que el TNI de aquellos que no la usaron.

Tabla 22. Resultados del TNI de la Tarea 2

	Usuarios que utilizaron la barra lateral					Usuarios que no usaron la barra lateral				
Usuario	1	4	5	7	10	2	3	6	8	9
TNI (seg)	62	33	37	56	34	78	121	99	87	41

Una situación muy similar ocurrió en la Tarea 8, correspondiente a hacer una llamada telefónica, pero esta vez en *Apple Carplay*[®], que también tiene una barra lateral de letras para filtrar los contactos. Sin embargo, se resalta que, en este sistema, cuando el usuario empieza deslizarse hacia abajo por la lista de contactos de manera muy rápida, se despliega automáticamente el filtro para elegir la letra (Figura 57), lo cual además de reducir el TNI para completar la tarea, también reduce el costo de interacción.

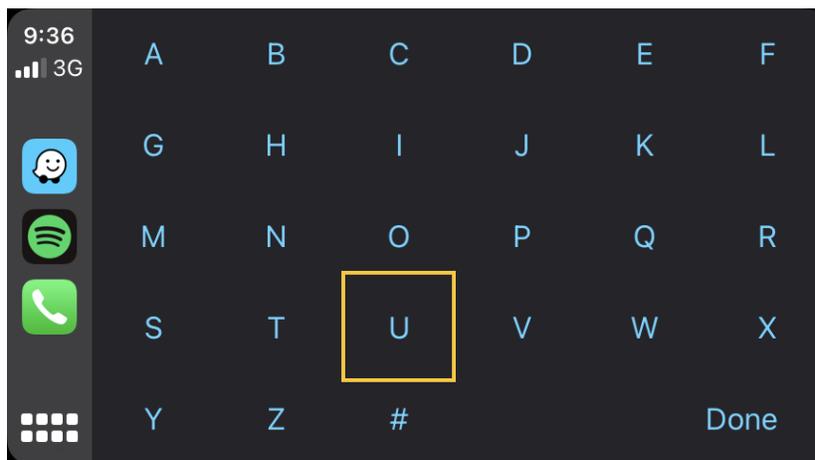


Figura 57. Filtro de letras en *Apple CarPlay*[®]

Una consideración importante hallada a partir de estas dos tareas es que, a pesar de que el uso de la barra lateral para filtrar contactos ayuda a disminuir significativamente el TNI, el número de pasos para completar la tarea aumenta. Es decir, se agrega un paso más a la interacción porque el conductor debe hacer *click* en la barra lateral, sin embargo, se considera que este aumento mínimo del CI es compensado con la reducción tan altamente considerable del TNI.

Finalmente, se resume la buena práctica identificada en que ***el uso de un filtro para encontrar fácilmente una opción deseada, puede disminuir el TNI, a pesar de que en algunos casos esto implique un mínimo aumento del CI.***

Por el contrario, para el caso de los usuarios que no utilizaron el filtro, sino que se deslizaron por toda la lista de contactos, invirtiendo en ese paso aproximadamente el 87% del tiempo total para completar la tarea, se destaca que, hacer una llamada telefónica fue considerada como la segunda tarea con mayor carga de trabajo mental, y la tarea más demandante en términos de tiempo.

De forma generalizada, este punto de dolor identificado se presenta **cuando la búsqueda de una opción en un menú de numerosas opciones de igual jerarquía, puede significar un aumento del TNI y de la carga de trabajo mental percibida por el usuario.**

Por lo tanto, formulando un problema general a partir del punto de dolor identificado y que pueda ser resuelto tomando como sugerencia la buena práctica identificada, se presenta el problema que aborda el Patrón 4 de la siguiente manera:

La interfaz del sistema requiere de filtros que faciliten la búsqueda de resultados en menús cuyo número de opciones no puede ser reducido por jerarquía

A partir de este problema, se definen las secciones *Solución*, *Usar cuando* y *Ejemplo*, y se construye el patrón 4 identificado con el nombre de **“Filtros de búsqueda rápida”**, tal como se muestra a continuación, en la Tabla 23:

Tabla 23. Patrón 4 de *Filtros de búsqueda rápida*

Patrón 4: Filtros de búsqueda rápida	
Problema	La interfaz del sistema requiere de filtros que faciliten la búsqueda de resultados en menús cuyo número de opciones no puede ser reducido por jerarquía.
Solución	<ul style="list-style-type: none"> ● Incluir un menú intermedio para limitar la amplitud en menús cuyas opciones no pueden ser segmentadas porque pertenecen a un mismo nivel de jerarquía (e.g. 150 contactos en un directorio telefónico, 36 idiomas en configuraciones, etc.), puede reducir el tiempo neto de interacción e inclusive, la carga de trabajo mental del conductor al realizar una tarea. La reducción de alguno de estos dos factores puede resultar en una disminución del nivel de distracción generado por la tarea. ● Para estos casos, el costo de interacción puede ser sacrificado en búsqueda de disminuir el tiempo neto de interacción y la carga de trabajo mental del usuario. [169] ● El menú intermedio debe funcionar como un reductor de amplitud, y por lo tanto debe contar con la menor cantidad de opciones posibles, siempre y cuando se cumpla con la segmentación total de todas las opciones del menú principal.

	<ul style="list-style-type: none"> • El menú intermedio no debe contar con un número de opciones mayor o igual al número de opciones que busca reducir. • En algunos casos, en donde se incluye una especie de filtro utilizando una barra lateral de búsqueda como en la lista de contactos de un directorio telefónico, se puede asumir que ya existe un filtro intermedio que va a ayudar al conductor a llegar más rápido al contacto deseado, sin embargo, en múltiples ocasiones, como esta barra no se despliega de manera automática, el conductor no la tiene presente y omite su funcionalidad, y esto lleva a que el usuario tarde un periodo largo de tiempo navegando por cada uno de los contactos. Adicionalmente, las características de esta barra lateral no son las más adecuadas para el modo de interacción táctil, por lo que la inclusión de un menú intermedio puede mejorar el rendimiento de la tarea.
<p>Usar cuando</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar cuando las opciones de los menús no pueden ser segmentadas en grupos de acuerdo a su funcionalidad. • Usar cuando la amplitud del menú no puede ser disminuida debido a que las opciones corresponden a un mismo nivel de jerarquía. • Usar cuando se necesita encontrar un elemento en específico de una lista numerosa y cuya búsqueda consumiría mucho tiempo.
<p>Ejemplo</p>	<p>Como se menciona previamente, en menús con una lista numerosa de opciones pertenecientes a un mismo nivel de jerarquía, la búsqueda de un ítem en específico le puede tomar al usuario un tiempo neto de interacción muy elevado. Esto se logró evidenciar en el estudio, pues en la tarea correspondiente a hacer una llamada telefónica al contacto <i>Usuario</i>, en la cual el conductor debía acceder al menú de <i>Comunicaciones</i> y posteriormente, en el directorio de contactos, buscar el contacto <i>Usuario</i> para hacer una llamada, el conductor tardaba más de la mitad de la tarea llegando hasta los nombres que iniciaban con la letra <i>U</i>. Si bien se sabe, el directorio telefónico corresponde a una lista de nombres que puede llegar a ser muy extensa dependiendo del número de contactos que el usuario tenga registrados en su teléfono, y seguir el flujo normal de búsqueda del contacto, resulta en una demanda visual y manual considerable, especialmente si la inicial del nombre que se busca se encuentra entre las últimas letras del abecedario.</p> <p>Cabe resaltar que, en los sistemas estudiados, las interfaces incluían una barra lateral con atajos para llegar a la letra deseada (Figura 58), sin embargo, el número de usuario que hizo uso de este atajo fue bajo. Además, se pudo evidenciar que, los usuarios que hicieron uso de la barra lateral para seleccionar la letra <i>U</i>, completaron la tarea en un tiempo significativamente más corto que aquellos que no usaron el atajo, sin mencionar que tuvieron que navegar a través de todos los contactos para llegar hasta el deseado. Este filtro de letras en las</p>

interfaces es una gran estrategia para disminuir la distracción producida al buscar un contacto, sin embargo, como se mencionó, muchos de los conductores no fueron conscientes de su presencia o prefirieron hacerlo siguiendo el flujo normal de navegación por todas las opciones. Por esta razón, y en busca de mejorar la experiencia del conductor, el filtro debería aparecer automáticamente al ingresar al directorio de contactos. De esta manera, todos los usuarios que accedan al directorio puedan usar el filtro como atajo para encontrar el contacto deseado, y así, **aunque se aumenta un costo de interacción mínimo, se reduce significativamente el tiempo neto de interacción y la demanda mental de trabajo que le toma al usuario completar la tarea.**

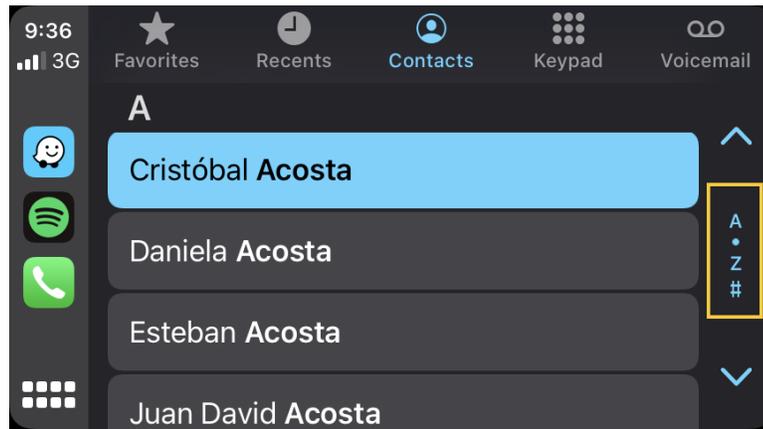
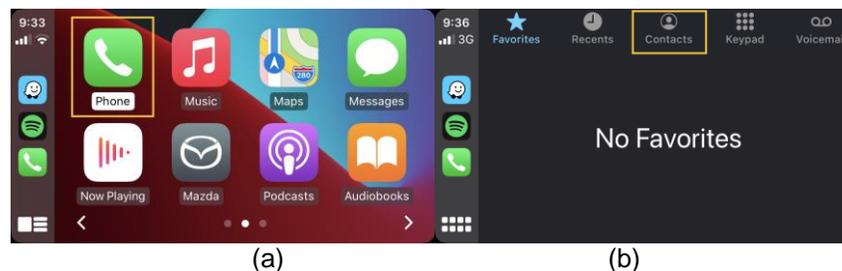


Figura 58. Barra lateral de búsqueda por letras

En la Figura 59 se logra observar como es el flujo para llamar al contacto *Usuario* sin hacer uso de ningún filtrado por letra. Aunque la tarea aparenta realizarse en un corto conjunto de 4 pasos, el tiempo que le toma al usuario llegar desde el primer contacto (Figura 59c) hasta los contactos de la letra *U* (Figura 59d), de acuerdo con el estudio realizado y la cantidad de contactos en el directorio telefónico de prueba (276 contactos), es aproximadamente el 87% del tiempo total.



(a)

(b)

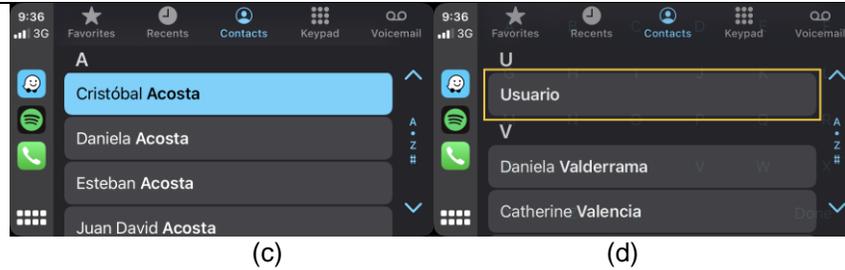


Figura 59. Flujo para llamar al contacto Usuario

Por lo tanto, sacrificar el costo de interacción de la tarea, incluyendo un paso más en donde se despliegue un menú filtrante de manera automática para seleccionar la letra deseada, disminuiría considerablemente el tiempo que le toma al usuario encontrar el contacto, y, por lo tanto, el tiempo neto de interacción. Esta propuesta se logra evidenciar en el flujo de la Figura 60.



Figura 60. Flujo para llamar al contacto Usuario haciendo uso del menú intermedio de letras

V. Patrón 5: Estructura interna de las aplicaciones de terceros

Este patrón surge a partir de un punto de dolor identificado en la Tarea 12, correspondiente a *Reproducir una canción a través de Spotify® en Apple CarPlay®*. En esta tarea se les dio la libertad a los usuarios de reproducir cualquier canción de su preferencia en la aplicación de *Spotify®*. De acuerdo con esto, no había una sola forma para reproducir una canción, sino que los usuarios exploraron la interfaz de la aplicación de distintas maneras. Por ejemplo, 2 de los 10 usuarios primero eligieron un álbum y luego una canción de dicho álbum, otros 2 usuarios se fueron a la sección de *Recientemente escuchados* y ahí eligieron una canción de alguna *playlist*,

3 usuarios eligieron una canción de alguna de las *playlists* que se sugieren en el menú principal, 1 usuario se fue a la sección de *Explorar* y a partir de ahí buscó un género musical, y los otros 2 se fueron a elegir entre artistas o un género musical en particular.

La interfaz de *Spotify*[®] del sistema *infotainment* (Figura 61), ofrece la misma cantidad de opciones que su versión para dispositivo móvil y computadora, sin ningún tipo de restricción o adaptación para cuando es utilizada mientras se conduce. Esto, combinado con la libertad de elección que se le dió a los usuarios, hizo que invirtieran mucho tiempo explorando la interfaz para encontrar artistas, canciones, álbumes o *playlists* deseadas. Dependiendo de qué tan profunda se hiciera la exploración de la interfaz, el tiempo de interacción, costo de interacción y carga de trabajo percibida por los usuarios, iban aumentando.

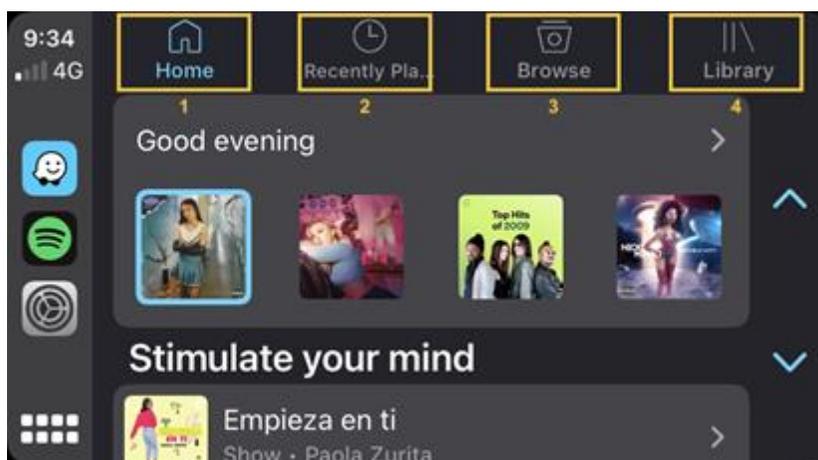


Figura 61. Interfaz de *Spotify*[®] para el sistema *Apple CarPlay*[®]

Resumiendo lo anterior, se presenta un punto de dolor **cuando el uso de una aplicación de terceros instalada en el vehículo, sin modificaciones o restricciones para el contexto en la que será utilizada, genera un aumento de la carga de trabajo mental del conductor.**

Describiendo este punto de dolor de forma más general y en términos de una necesidad del conductor, se define el problema del Patrón 5 de la siguiente manera:

El conductor requiere utilizar aplicaciones móviles instaladas en el sistema teniendo en cuenta sus limitaciones de interacción en comparación a cuando las utiliza en el dispositivo móvil fuera del vehículo

A partir de este problema, se definen las secciones *Solución*, *Usar cuando* y *Ejemplo*, y se construye el Patrón 5 identificado con el nombre de ***Estructura interna de las aplicaciones de terceros***, tal como se muestra a continuación, en la Tabla 24:

Tabla 24. Patrón 5 de *Estructura interna de las aplicaciones de terceros*

Patrón 5: Estructura interna de las aplicaciones de terceros	
Problema	<p>El conductor requiere utilizar aplicaciones móviles instaladas en el sistema teniendo en cuenta sus limitaciones de interacción en comparación a cuando las utiliza en el dispositivo móvil fuera del vehículo.</p>
Solución	<ul style="list-style-type: none"> ● Adecuar la estructura y limitar las funcionalidades de las aplicaciones móviles instaladas en los sistemas infotainment, también conocidas como aplicaciones de terceros o <i>third-party apps</i>, puede reducir el costo de interacción, el tiempo neto de interacción e inclusive, la carga de trabajo mental del conductor al realizar una tarea. La reducción de alguno de estos tres factores puede resultar en una disminución del nivel de distracción generado por la tarea. ● Hoy en día, las aplicaciones móviles cuentan con cientos de funcionalidades que les permiten a los usuarios interactuar y cumplir innumerables tareas en el día a día, sin embargo, el usuario que utiliza los sistemas infotainment, es decir, un conductor, no debería tener la misma libertad de interactuar mientras conduce, como sí la puede tener un usuario diferente en su escritorio. Es por esto, que el número de actividades que realiza un conductor en una <i>third-party app</i> debe estar muy limitado a las principales actividades [170-171]. ● Una aplicación móvil sin adaptar en un sistema infotainment, aunque puede resultar en un nivel de aceptación mayor para el conductor por permitirle mayor cantidad de funcionalidades, sin duda, resulta en mayor indicador de distracción visual [172]. ● Adicionalmente, para la adaptación, se recomienda seguir con las recomendaciones acerca de la estructura de los menús en los sistemas, presentadas en el <i>Patrón 3</i>.
Usar cuando	<ul style="list-style-type: none"> ● Usar cuando la aplicación móvil esté incluida en el sistema del vehículo.
Ejemplo	<p>La aplicación de música <i>Spotify</i>[®] es una de las <i>apps</i> incluidas en el sistema Apple CarPlay[®]. Una de las tareas del estudio fue reproducir una canción en <i>Spotify</i>[®], dándole la libertad a los conductores de seleccionar cualquier tipo de música. Sin embargo, y debido a esta libertad de interacción que brinda la estructura interna de la aplicación, los usuarios tendieron a invertir intervalos de tiempo considerables ingresando a múltiples niveles y subniveles llenos de información nueva y saturados de opciones. En las Figuras 62-66 se logra observar algunos de los diferentes niveles de interacción que pueden realizar los</p>

conductores en *Spotify*[®] y la cantidad de opciones que tenían los menús, no respetando las recomendaciones de profundidad y amplitud de la interfaz.

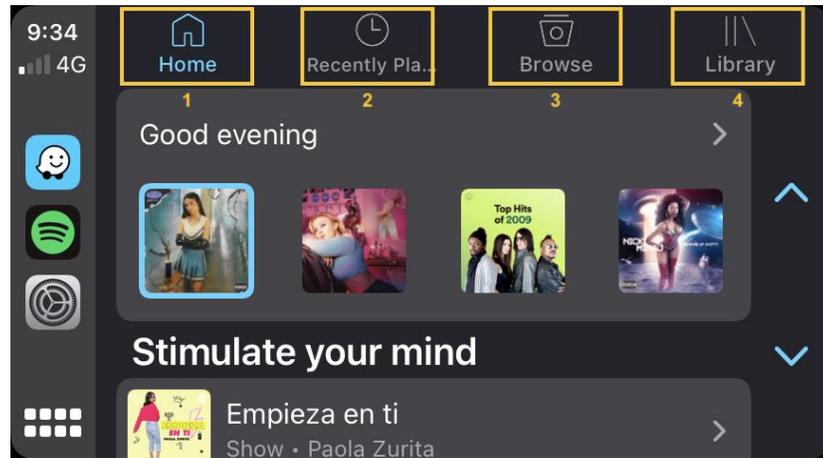


Figura 62. Pestañas de Spotify[®] en Apple CarPlay[®]

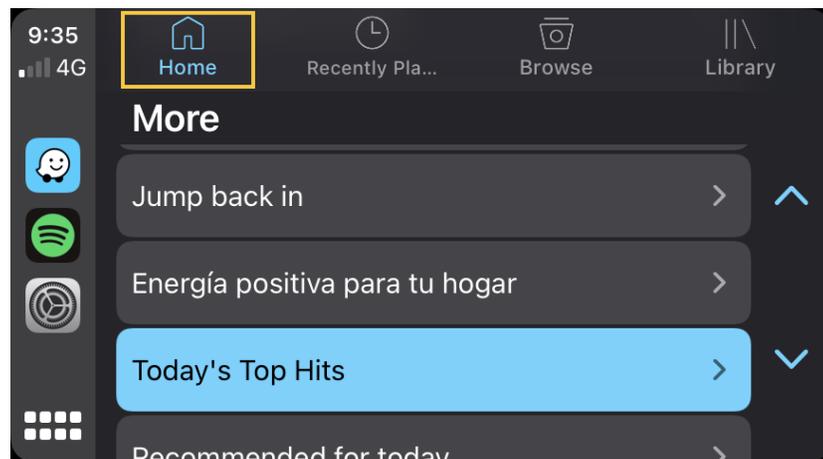


Figura 63. Interfaz principal de Spotify[®]

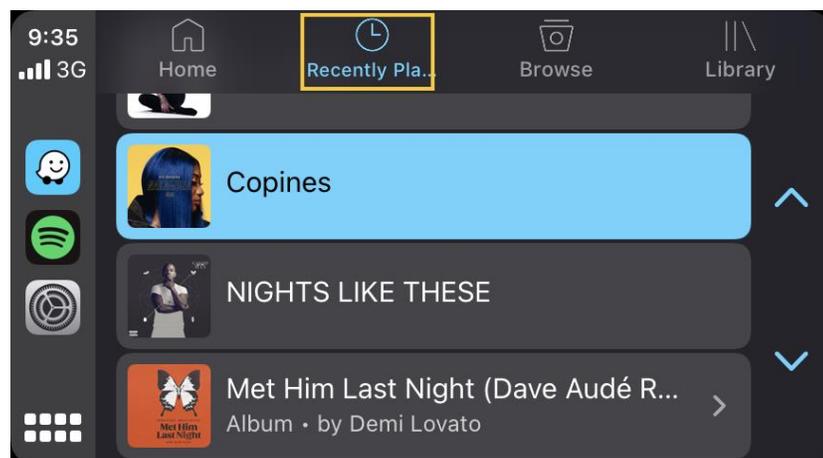


Figura 64. Interfaz de Recientemente reproducidos de Spotify[®]

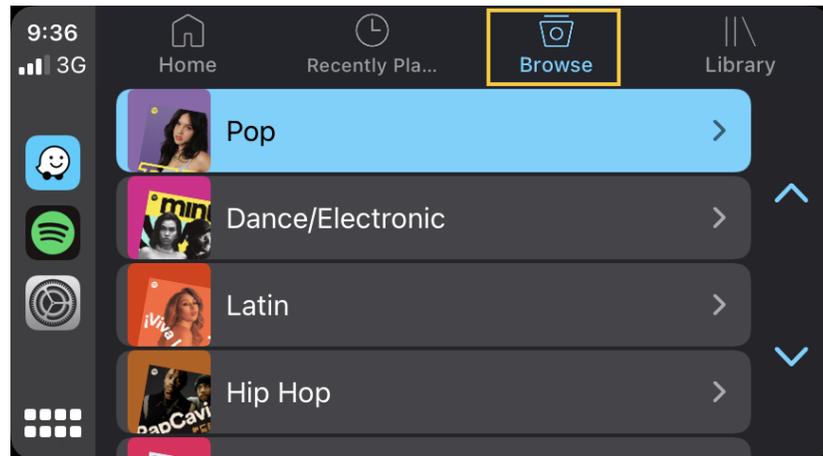


Figura 65. Interfaz de Búsqueda de Spotify®

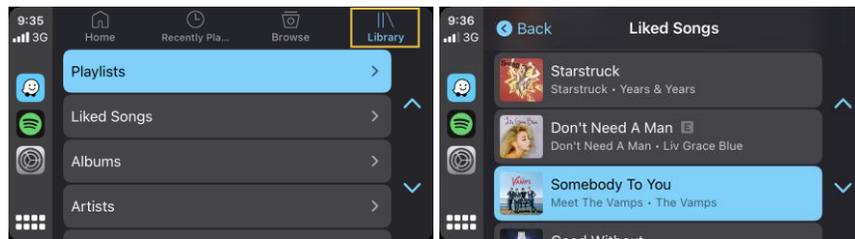


Figura 66. Interfaz de Librería de Spotify®, incluyendo un segundo nivel de profundidad al seleccionar una de las listas de reproducción o *playlists*

Cabe resaltar que *Spotify*® sí limita esta libertad de interacción en la aplicación del dispositivo móvil cuando se detecta conexión con un vehículo, y en teoría, esta limitación debería ser igual o mayor en el sistema *infotainment*, ya que va a ser el foco de atención del conductor cuando este se encuentre manejando. La Figura 67 muestra la versión regular de *Spotify*® en el dispositivo móvil y la Figura 68 enseña la versión cuando se detecta conexión con un vehículo.

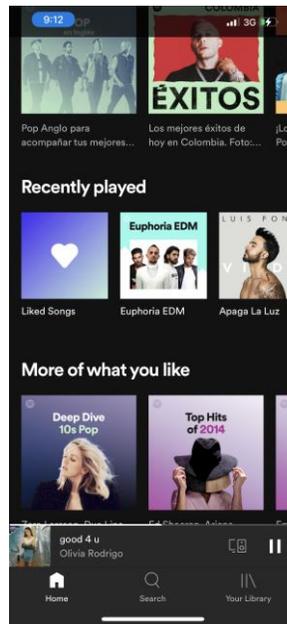


Figura 67. Interfaz de Spotify® en el dispositivo móvil cuando no está conectado con el vehículo



Figura 68. Interfaz de Spotify® en el dispositivo móvil cuando está conectado con el vehículo

En contraste con el caso de *Spotify*®, la aplicación de navegación *Waze*™, les permitió a los conductores realizar la tarea de **establecer la ruta para ir al trabajo**, en una interfaz mucho más amigable con el usuario y mucho más segura y simple para el conductor (Figura 69),

incluyendo únicamente las opciones necesarias, como lo son búsqueda de sitios recientes (Figura 70) y favoritos (Figura 71).

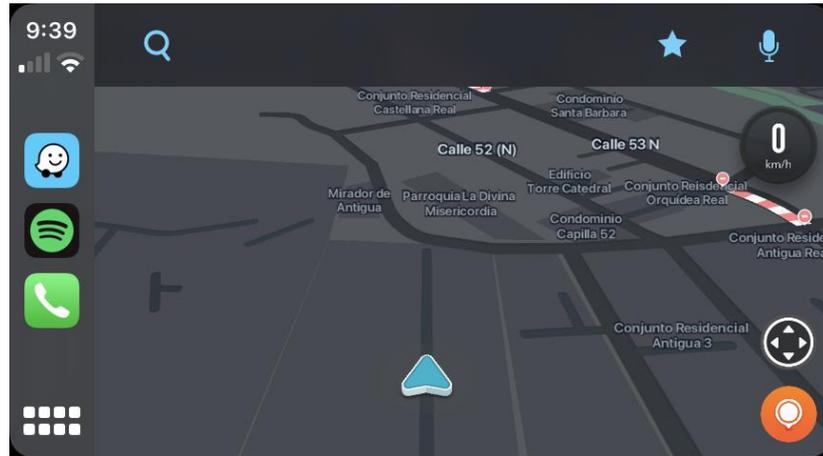


Figura 69. Interfaz de Waze™ en Apple CarPlay®

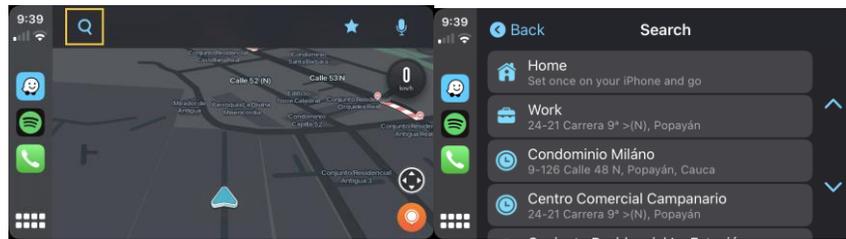


Figura 70. Interfaz de búsquedas recientes en Waze™

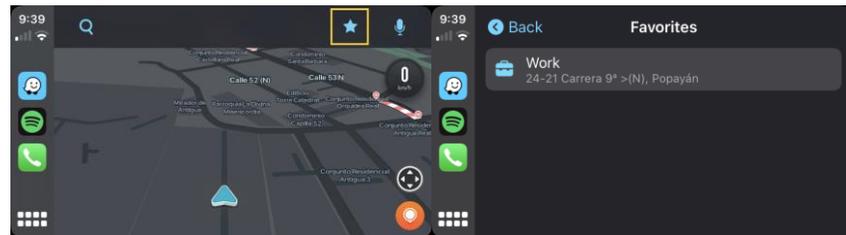


Figura 71. Interfaz de favoritos en Waze™

VI. Patrón 6: Bloqueo parcial del modo de interacción táctil

Este patrón surge a partir de un punto de dolor identificado en las Tareas 3 y 9, correspondientes a *Contestar una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo en Mazda Connect™* y *Apple Carplay®*, respectivamente. En los grafos de estas tareas se puede observar que varios usuarios intentaron usar la pantalla táctil para contestar o colgar la llamada telefónica, sin embargo, fracasan debido a que por la velocidad con la que estaban manejando, el modo de

interacción táctil es bloqueado por el sistema. Para la Tarea 3, este punto de dolor se identifica en 5 de 10 de los usuarios, y para la Tarea 9, se identifica en 4 de los 10 usuarios.

En la mayoría de los casos, este intento por contestar la llamada desde la pantalla táctil, implicó un aumento del TNI y, según las preguntas realizadas al final de la prueba y expresiones durante la misma, varios de los usuarios manifestaron frustración al no poder utilizar la pantalla táctil para hacer tareas “*tan sencillas*”.

De forma más general, se identifica un punto de dolor **cuando un usuario quiere hacer una tarea de costo mínimo por el modo de interacción táctil, pero debido al bloqueo del sistema, potencialmente termina siendo una tarea de mayor costo, tiempo y carga de trabajo percibida.**

Describiendo este punto de dolor de forma más general y en términos de una necesidad del conductor, se define el problema del Patrón 6 de la siguiente manera:

El conductor requiere completar una tarea de mínimo esfuerzo mental y físico por el modo de interacción de su preferencia

A partir de este problema, se definen las secciones *Solución*, *Usar cuando* y *Ejemplo*, y se construye el Patrón 6 identificado con el nombre de ***Bloqueo parcial del modo de interacción táctil***, tal como se muestra a continuación, en la Tabla 25:

Tabla 25. Patrón 6 de *Bloqueo parcial del modo de interacción táctil*

Patrón 6: Bloqueo parcial del modo de interacción táctil	
Problema	El conductor requiere completar una tarea de mínimo esfuerzo mental y físico por el modo de interacción de su preferencia.
Solución	<ul style="list-style-type: none"> ● Desbloquear parcialmente la pantalla táctil cuando se deba ejecutar una tarea cuyo costo de interacción estimado sea de 1, puede reducir el tiempo neto de interacción e inclusive, la carga de trabajo mental del conductor al realizar una tarea. La reducción de alguno de estos dos factores puede resultar en una disminución del nivel de distracción generado por la tarea. ● Este desbloqueo también puede reducir el número de errores al realizar la tarea [173]. ● El bloqueo de la pantalla táctil como estrategia para mitigar las distracciones tiene el precio de una menor aceptación del usuario, y, aunque el bloqueo de la pantalla puede mejorar el rendimiento de la conducción en múltiples casos, para tareas con el mínimo costo de interacción, solo se puede implementar dicha mejora si se garantiza la aceptación del usuario para reducir los errores. [173] ● Adicionalmente, cabe mencionar que el bloqueo total de la pantalla en tareas con bajo costo de interacción, puede llevar al usuario a

	<p>cometer errores o a tener que reducir la velocidad a la que manejan para poder desbloquearla, haciendo que el tiempo para completar la tarea aumente y posiblemente le genere frustración al usuario.</p>
<p>Usar cuando</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar únicamente cuando la tarea tenga un costo de interacción estimado de 1, es decir un solo paso, lo que se interpreta como una tarea de mínimo esfuerzo mental y físico. • Usar cuando el sistema restrinja el modo de interacción a través de la pantalla táctil al superar una velocidad de conducción en específico.
<p>Ejemplo</p>	<p>Aunque durante todo el estudio se logró observar que en múltiples tareas los conductores intentaron seleccionar las opciones a través de la pantalla táctil cuando se encontraban a más de 10 km/h (límite de velocidad para bloquear el modo de interacción táctil en el vehículo estudiado), el ejemplo más evidente de frustración presentada y descrita por los usuarios fue contestar y colgar una llamada telefónica directamente desde la pantalla táctil. Los conductores, al encontrar la interfaz tan sencilla que se presentaba para responder a una llamada (Figura 72) o para colgarla (Figura 73), tendían a llevar su mano a la pantalla y en vista de que la interfaz no respondía a esta interacción táctil, desviaban la mirada de la carretera por mucho más tiempo y en múltiples ocasiones, según fue descrito, incrementaron su estrés situacional debido a que gastaban mayor esfuerzo en saber la forma correcta de responder o colgar. Cabe mencionar que las tareas de contestar una llamada o terminarla, tienen un costo de interacción estimado de 1, por lo que no implicaría que desbloquear la pantalla llevara a los conductores a situaciones de riesgo como lo sería tener la pantalla desbloqueada todo el tiempo. Adicionalmente, el desbloqueo parcial en estos casos, incrementaría la aceptación del sistema por parte del usuario.</p> <div data-bbox="548 1362 1370 1818" data-label="Image"> </div> <p>Figura 72. Interfaz para contestar una llamada</p>

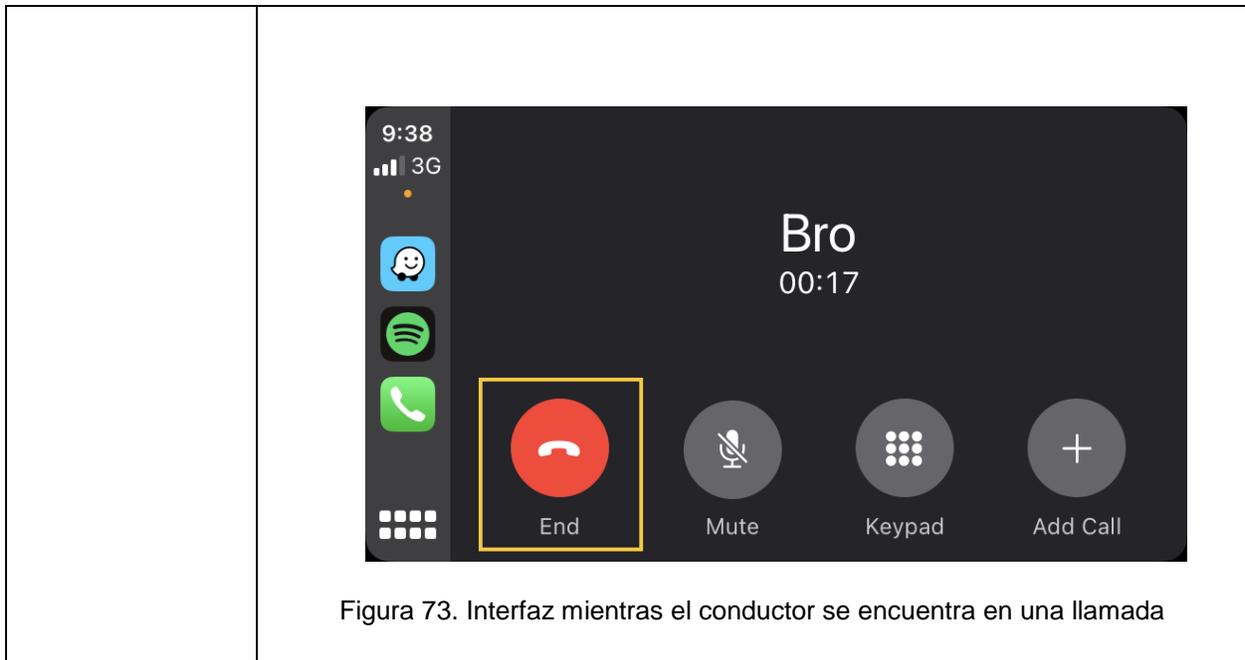


Figura 73. Interfaz mientras el conductor se encuentra en una llamada

VII. Patrón 7: Interacción por comandos de voz

Este patrón surge a partir de un punto de dolor identificado en la Tarea 10, correspondiente a *Dictar un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo en Apple CarPlay®*. Para esta tarea, los usuarios debían ingresar a la aplicación *Mensajes*, seleccionar *Nuevo Mensaje* y a partir de ahí, el resto de la tarea se hacía por el modo de interacción por voz. Primero, el asistente de voz pregunta para quién va el mensaje, una vez el usuario responde, el asistente pregunta cuál es el mensaje que desea enviar, una vez el usuario dicta el mensaje, el asistente repite el mensaje y pregunta si desea enviarlo, y finalmente el usuario confirma el envío.

Cada vez que el asistente de voz finaliza de hacer una de las preguntas, para recibir la respuesta del conductor, emite un tono. Sin embargo, al analizar los grafos de interacción de los usuarios, se observa que 7 de los 10 usuarios se adelantaron a responder antes del tono en alguna o varias de las preguntas que les hacía el asistente, por lo cual el asistente volvía a hacer la pregunta y los usuarios repetían su respuesta, esta vez después del tono. Tener que repetir los comandos tanto por parte del asistente como por parte del usuario, eleva el tiempo neto de interacción, el costo de interacción y la carga de trabajo mental percibida por los usuarios, tanto así, que esta tarea fue considerada la más demandante en términos de carga de trabajo mental según la percepción de los usuarios.

De acuerdo con lo anterior, se identifica un punto de dolor **cuando al hacer una tarea por el modo de interacción por voz, la carga de trabajo mental percibida se eleva significativamente.**

Describiendo este punto de dolor de forma más general y en términos de una necesidad del conductor, se define el problema del Patrón 7 de la siguiente manera:

El conductor requiere realizar una tarea que ejecutarla a través de la pantalla táctil o los controles del panel central le tomaría un costo de interacción extremadamente considerable.

A partir de este problema, se definen las secciones *Solución*, *Usar cuando* y *Ejemplo*, y se construye el Patrón 7 identificado con el nombre de ***Interacción por comandos de voz***, tal como se muestra a continuación, en la Tabla 26:

Tabla 26. Patrón 7 de *Interacción por comandos de voz*

Patrón 7: Interacción por comandos de voz	
Problema	El conductor requiere realizar una tarea que ejecutarla a través de la pantalla táctil o los controles del panel central le tomaría un costo de interacción extremadamente considerable.
Solución	<ul style="list-style-type: none"> ● Aunque la ejecución de tareas a través de comandos de voz puede incrementar la carga cognitiva del conductor [174-175], habilitar este modo de interacción en casos donde la tarea no sea viable utilizando la pantalla táctil o los controles del panel central puede reducir el costo de interacción, el tiempo neto de interacción e inclusive, la carga de trabajo mental del conductor al realizar una tarea. La reducción de alguno de estos tres factores puede resultar en una disminución del nivel de distracción generado por la tarea. <p>Ahora bien, para no resultar en un incremento de la demanda mental del conductor, se debe tener en cuenta lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Las instrucciones dadas al usuario de manera auditiva en tareas que requieren de comandos de voz, deben contar con términos lo suficientemente entendibles en el contexto geográfico. Adicionalmente, las instrucciones deben ser concretas, pero lo suficientemente explicativas para la prevención de errores del usuario [176]. ● El sistema debe garantizar una retroalimentación o <i>feedback</i> de cada una de las interacciones que resulten de un comando de voz brindado por el usuario [176]. Esta retroalimentación debe brindarse en dos modalidades; uno, de manera auditiva; y dos, de manera visual en la interfaz [177]. ● Adicionalmente, y en búsqueda también de la prevención de errores, el sistema debe indicar el momento en el que el usuario debe responder una instrucción a través de los comandos de voz, para prevenir que el usuario se exprese antes de lo adecuado y termine en un error, y por ende en un factor distractor al realizar la tarea [176-177]. ● La prevención de errores busca dar una respuesta proactiva, sin

	<p>embargo, en caso de que se presente un problema al expresar un comando de voz, el sistema debe tolerar el error de manera reactiva, dando retroalimentación de lo que se presentó. Este <i>feedback</i> debe presentarse de la manera más explicativa y al mismo tiempo más agradable para evitar el incremento de estrés situacional mientras se conduce.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● El sistema debe brindar flexibilidad para que el usuario pueda utilizar diferentes términos al realizar una misma tarea (e.g. Si el sistema le pregunta al usuario “¿Desea enviar el mensaje de texto?”, el usuario debería ser capaz de confirmar el envío al expresar diferentes palabras como por ejemplo “Sí”, “Confirмо”, “Enviar”, “Mandar”, etc., y no solo acogerse a una única posible respuesta) [176]. ● Aunque los sistemas modernos cada vez cuentan con un mayor número de datos para procesar, y los recursos físicos y de software pueden ser limitados en algunos casos, se debe procurar por que las retroalimentaciones tengan un tiempo de respuesta menor a 250 ms [103], para reducir la competencia de los recursos cognitivos del usuario y disminuir la distracción en general. ● El asistente de voz del sistema debe mantener tiempos de respuesta constantes debido a que los tiempos de entrega de mensajes de retroalimentación que varían en su duración pueden provocar la distracción del conductor y aumentar el tiempo en el que desvían la mirada de la vía [178]. ● Adecuar las tareas que requieren de comandos de voz de acuerdo con las especificaciones mencionadas, puede traducirse en una disminución del número de errores y en una mejora frente a la carga de trabajo mental que le lleva a un conductor completar una tarea. La mejora de alguno de estos dos factores puede resultar en una disminución del nivel de distracción generado por la tarea.
<p>Usar cuando</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Usar únicamente cuando la tarea no sea viable ejecutarla a través de la pantalla táctil o los controles del panel central.
<p>Ejemplo</p>	<p>Durante la ejecución de la tarea de enviar un mensaje de texto, se evidenció que múltiples usuarios cometieron el error de responder a las instrucciones dictadas por el sistema antes de lo debido, lo que ocasionó confusión durante la tarea, y en un par de casos, los llevó a incrementar considerablemente el tiempo neto de interacción y los niveles de demanda mental de trabajo. En Apple CarPlay®, el sistema reproduce un tono justo después de que le da a conocer una instrucción al usuario (e.g. “¿A quién desea enviar el mensaje de texto?”), para que el conductor sepa cuándo debe responder, sin embargo, el lapso que existe entre la última palabra que se instruye hasta que suena el tono, es relativamente extenso, por lo que 6 de los 10 usuarios estudiados presentaron un problema, pues respondieron el comando de voz en el mismo momento en el que se reprodujo el tono, e inclusive momentos antes, y por esto, tuvieron que repetir de nuevo su mensaje.</p>

VIII. Patrón 8: Íconos y etiquetas de texto

Este patrón surge a partir de un punto de dolor identificado en las Tareas 5 y 6, correspondientes a *Sintonizar una estación de radio FM en específico* y *Buscar la información relacionada con el sonido del vehículo*, respectivamente. Para hacer estas dos tareas, los usuarios debían entrar al menú de *Entretenimiento*, donde las funcionalidades están representadas a través de íconos. Dichos íconos estaban acompañados de etiquetas de texto que solo son visibles cuando el usuario se posiciona sobre el ícono. Para ambas tareas, varios usuarios tuvieron que presionar distintos íconos para ver qué funcionalidad representaban y visualizar las opciones que ofrecían al presionarlos, ya que, a simple vista no lograron identificar qué funcionalidad ofrecían. Un ejemplo de esta situación se observa en la Figura 74, donde se señala el ícono de “*Menú Raíz*”, cuya representación gráfica y etiqueta de texto confundió a múltiples usuarios acerca de su significado. En dicho menú se encuentran las opciones para visualizar los dispositivos móviles conectados al audio *Bluetooth*, sin embargo, varios conductores presionaron este ícono tanto para buscar dónde sintonizar una estación de radio como para buscar la información del sonido.



Figura 74. *Menú Raíz* en la interfaz de *Entretenimiento*

De lo anterior se logra evidenciar que algunas representaciones gráficas no eran lo suficientemente intuitivas para los conductores, por lo que la búsqueda de funcionalidades se dificulta e implica un aumento del tiempo neto de interacción y costo de interacción, así como de la carga de trabajo mental percibida.

Resumiendo lo anterior, se identifica un punto de dolor **cuando las funcionalidades representadas gráficamente en forma de ícono no son intuitivas, resultando en un posible aumento de TNI, CI y carga de trabajo mental percibida por el usuario.**

Describiendo este punto de dolor de forma más general y en términos de un requerimiento en la interfaz, se define el problema del Patrón 8 de la siguiente manera:

Las opciones en la interfaz del sistema deben estar representadas en espacios condensados y fácilmente comprensibles.

A partir de este problema, se definen las secciones *Solución*, *Usar cuando* y *Ejemplo*, y se construye el Patrón 8 identificado con el nombre de **Íconos y etiquetas de texto**, tal como se muestra a continuación, en la Tabla 27:

Tabla 27. Patrón 8 de *Íconos y etiquetas de texto*

Patrón 8: Íconos y etiquetas de texto	
Problema	Las opciones en la interfaz del sistema deben estar representadas en espacios condensados y fácilmente comprensibles.
Solución	<ul style="list-style-type: none"> ● Incluir un ícono como estrategia para segmentar las opciones puede traducirse en un ahorro de espacio en la interfaz y facilidad de navegación del sistema para los conductores. ● Los íconos son una representación visual de un objeto, una acción o una idea [179]. Si dicho objeto, acción o idea no es claro de inmediato para los conductores, el ícono se reduce en un mero atractivo visual y un ruido que impide que las personas completen una tarea, y, por lo tanto, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones [113, 146, 148, 180]: <ul style="list-style-type: none"> ○ El ícono debe hacer alusión a la opción a la cual está representando. ○ El ícono debe conservar un tamaño lo suficientemente pequeño para conservar su objetivo de representar opciones en espacios condensados, pero también debe ser lo suficientemente grande para ser accesible para el conductor. ○ El ícono debe procurar ser universal, y en un peor escenario, por lo menos ser comprensible en el contexto geográfico. ○ El ícono debe ser reconocible en un solo vistazo. Esto evita distracciones cognitivas al tener que procesar información mucho tiempo entendiendo a qué hace alusión el ícono. ○ El ícono debe ser visualmente agradable y debe ayudar a mejorar el atractivo estético del diseño de la interfaz. ○ El ícono debe mantener un diseño simple y esquemático, siguiendo la indicación de que los detalles intrincados son difíciles de distinguir en espacios condensados. ○ En caso de tener que repetir el ícono en múltiples interfaces del sistema, el ícono debe guardar consistencia y representar lo mismo en cualquier parte que esté ubicado. ● Adicionalmente, y de acuerdo con el <i>Nielsen Norman Group</i> [146], es importante considerar que, si toma más de 5 segundos pensar en un ícono apropiado para alguna opción, es poco probable que un

	<p>ícono pueda comunicar efectivamente el significado esperado.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ahora bien, para ayudar a superar la ambigüedad a la que se enfrentan casi todos los íconos, una etiqueta de texto debe estar presente junto con el ícono para aclarar su significado en ese contexto particular. ● Se recomienda que las etiquetas de los íconos estén visibles en todo momento, sin la necesidad de interacción por parte del usuario. Si el conductor debe desplazarse o realizar cualquier movimiento para alcanzar a ver la etiqueta de texto de un ícono, se incrementa evidentemente el costo de interacción para completar la tarea. Además, la necesidad de interacción para visualizar la etiqueta en los íconos no se traduce bien en dispositivos táctiles. ● En caso de incluir una etiqueta de texto, ésta debe estar relacionada con la funcionalidad del ícono, debe ser intuitiva para el conductor, y debe contar con un vocabulario entendible en el contexto geográfico. Preferiblemente, debe contener palabras de comprensión universal. ● Incluir íconos siguiendo las especificaciones mencionadas, puede traducirse en una disminución del tiempo neto de interacción y en una mejora frente a la carga de trabajo mental que le lleva a un conductor seleccionar una opción. La mejora de alguno de estos dos factores puede resultar en una disminución del nivel de distracción generado por la tarea. ● Adicionalmente, estas recomendaciones pueden disminuir la aparición de errores al realizar una tarea.
<p>Usar cuando</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Usar cuando la funcionalidad de una opción pueda ser condensada en una representación visual.
<p>Ejemplo</p>	<p>En el estudio realizado, se lograron evidenciar algunas representaciones gráficas que no eran lo suficientemente intuitivas para los conductores, y que los llevaron a cometer errores y perder tiempo cuando ingresaban incorrectamente en estos espacios. Adicionalmente, algunas etiquetas de texto no servían como ayuda para que los usuarios comprendieran el significado de estos íconos y de las opciones que iban a encontrar en caso de seleccionarlos.</p> <p>Un ejemplo de esta situación se encontró en la interfaz de <i>Entretenimiento</i>. En la Figura 75 se señala una sección de esta interfaz denominada <i>Menú raíz</i>, cuyo ícono y etiqueta de texto confundió a múltiples usuarios acerca de su significado. En el sistema, en dicho <i>Menú raíz</i> se presentan las opciones para visualizar los dispositivos móviles conectados al audio <i>Bluetooth</i>, sin embargo, varios conductores presionaron este ícono tanto en la tarea de sintonizar una estación de radio, como en la tarea de configurar la información del sonido del vehículo, esperando encontrar ahí las opciones necesarias para completar estas actividades. Esto evidencia que los usuarios</p>

esperaban encontrar unas opciones diferentes al presionar este ícono, y, que la etiqueta de texto que lo acompaña tampoco es lo suficientemente intuitiva para deducir su significado, llevando a los conductores a cometer errores y dedicar mayor tiempo para completar la tarea.



Figura 75. Menú raíz en Entretenimiento

Por el contrario, se puede resaltar que, en tareas como **hacer una llamada telefónica** y **reproducir una canción**, ambos sistemas tenían íconos y etiquetas de texto muy intuitivas y universalmente conocidas. Por un lado, para la primera tarea, se tenía el símbolo del teléfono, acompañado de la etiqueta de texto *Comunicaciones* para el caso de *Mazda Connect™* (Figura 76), y *Teléfono* en *Apple CarPlay®* (Figura 77). Para la segunda tarea, ambos sistemas contaban con el ícono de una nota musical, y las etiquetas de texto *Entretenimiento* y *Música*, para *Mazda Connect™* (Figura 78) y *Apple CarPlay®* (Figura 79) respectivamente. Gracias a estas buenas prácticas de diseño, los usuarios ingresaron inmediatamente a estas aplicaciones cuando se les pidió realizar las tareas, sin cuestionar sus decisiones y encontrando las opciones que esperaban.



Figura 76. Comunicaciones en Mazda Connect™



Figura 77. Teléfono en Apple CarPlay®



Figura 78. Entretenimiento en Mazda Connect™

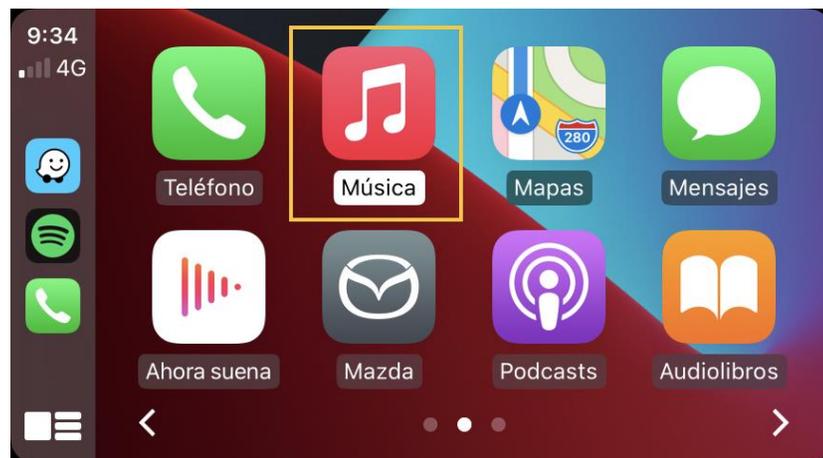


Figura 79. Música en Apple CarPlay®

IX. Patrón 9: Priorización de las notificaciones

Este patrón surge a partir de una buena práctica identificada a través del análisis del Método de Observación, específicamente cuando se estaba recopilando toda la información observada en los videos de la Tarea 11, correspondiente a *Recibir un mensaje de texto desde la pantalla del vehículo* en el sistema Apple CarPlay®. En esta tarea se pudo notar que, para iniciar su ejecución, el facilitador encargado de guiar la prueba tuvo que avisarles a todos los participantes el momento en el que les llegaba el mensaje de texto, debido a que *Carplay* desplegaba la notificación visual del mensaje en pantalla solo por unos segundos y sin acompañamiento de ninguna alerta de

sonido. Como los conductores tenían toda su atención en la vía, este tipo de notificaciones que no generaron sonido y solo se desplegaron en pantalla por unos pocos segundos, no produjeron una distracción auditiva o visual considerable al conductor. Esto se debe a que *Apple Carplay*[®], está programado por defecto para silenciar o limitar las notificaciones y mensajes de texto cuando el teléfono está conectado al vehículo, para no distraer al conductor mientras maneja [181]. Se resalta que esta tarea se encuentra entre las tareas de menor carga de trabajo mental reportada según la percepción de los conductores, con un puntaje ponderado de 5.6.

De forma generalizada, se resume esta buena práctica en que **las notificaciones, mensajes y alertas tanto visuales como auditivas pueden limitarse o no, según el nivel de prioridad que representen durante la conducción.**

Por lo tanto, se define un problema general y en términos de un requerimiento del sistema, que pueda ser solucionado teniendo en cuenta esa buena práctica como sugerencia para la solución, de la siguiente manera:

El sistema debe retroalimentar al conductor de la información que recibe minimizando la interferencia que se puede producir.

A partir de este problema, se definen las secciones *Solución*, *Usar cuando* y *Ejemplo*, y se construye el Patrón 9 identificado con el nombre de **Priorización de las notificaciones**, tal como se muestra a continuación, en la Tabla 28:

Tabla 28. Patrón 9 de *Priorización de las notificaciones*

Patrón 9: Priorización de las notificaciones	
Problema	El sistema debe retroalimentar al conductor de la información que recibe minimizando la interferencia que se puede producir.
Solución	<ul style="list-style-type: none"> ● Categorizar la información recibida de acuerdo con un sistema de prioridades puede reducir la distracción auditiva y visual innecesaria del conductor. ● No toda la información que recibe el sistema tiene la misma importancia para el conductor en el momento en el que está manejando [182]. Es por esto que, establecer un conjunto de niveles de acuerdo a lo prioritario que es la información para el usuario, puede resultar en una reducción de interferencia, y por ende, del nivel de distracción generado. ● Los niveles de prioridad deben tener una correlación con el sonido que genera su alerta en el sistema [183]. ● El sistema debe generar una alarma de sonido, y debe indicar los detalles de la notificación en la interfaz si es necesario. ● En la Tabla 29, se resumen algunos aspectos a tener en cuenta de

acuerdo con el tipo de prioridad que tenga la información a compartirse con el usuario. Esta tabla se basa en las recomendaciones y estudios empíricos de [103, 184], y contiene la prioridad de la información, el tipo de notificación, los detalles que se recomiendan usar al retroalimentar la notificación en la interfaz, los íconos auditivos o *sonidos* que pueden usarse para notificar al usuario, y un par de ejemplos para mejor entendimiento.

Tabla 29. Recomendaciones de advertencia para situaciones de urgencia variable

Prioridad	Tipo de notificación	Detalles en la interfaz	íconos auditivos	Ejemplos
Baja	Informativa	Términos que no indiquen urgencia (e.g. "Aviso", "Información", "Notificación", "Sugerencia").	Sonido de agua vertiendo, aire liberándose, una cascada, o no sonido por completo.	La notificación de una aplicación (e.g. Llegada de un mensaje de texto), información general sin urgencia del vehículo (e.g. Niveles de gasolina a la mitad del tanque, niveles de agua de las plumillas bajo).
Media	Advertencia	Términos que indiquen urgencia media (e.g. "Advertencia", "Precaución").	Sonido de un ruido del motor, sonido inarmónico, discordante o desafinado.	Información general del vehículo con mayor urgencia (e.g. Niveles de gasolina cercanos a cero, niveles de aceite bajo), puerta abierta, límite de velocidad excedido, freno de mano puesto.
Alta	Crítica	Términos que indiquen urgencia alta (e.g. "Peligro", "Riesgo").	Sonido de la bocina de un coche, una sirena de corta duración.	Acercamiento a otro vehículo, posibilidad de colisión, recalentamiento del motor, obstrucción de un circuito interno.

- Adicionalmente, en búsqueda de brindar flexibilidad de interacción, el sistema puede permitirle al conductor ajustar los niveles de prioridad y en casos donde se desee, evitar cualquier ruido distractor, como lo sería desactivar por completo las notificaciones.

Usar cuando	<ul style="list-style-type: none"> • Usar únicamente cuando la información recibida del sistema deba ser notificada al conductor.
Ejemplo	Para notificaciones de baja prioridad, como lo puede ser recibir un simple mensaje de texto, se puede omitir la alerta de sonido para evitar

desviar la atención del usuario de la actividad principal de manejar.

Durante el estudio, en una de las tareas se pedía al conductor **escuchar un mensaje de texto** que recibiría mientras conducía. En este caso, el sistema *Apple CarPlay*[®], por defecto, está programado para silenciar las notificaciones provenientes de la aplicación de *Mensajes*, razón por la cual, cuando los conductores recibían el mensaje de texto que se les envió, ninguno desvió su atención de la carretera y el experimentador acompañante tuvo que avisarles que el mensaje ya les había llegado. La notificación que aparece en pantalla cuando llega un mensaje de texto (Figura 80), además de durar un corto periodo de 10 segundos y no reproducir ningún sonido de alerta, no es tan notoria como para que los conductores la alcancen a percibir mientras manejan, lo que evitó que se generara distracción por su aparición.



Figura 80. Notificación de un mensaje de texto en Apple CarPlay[®]

Cabe mencionar que, en algunos sistemas modernos, se tiene la posibilidad de habilitar un mensaje de respuesta automática para avisar que en ese momento el receptor del mensaje está manejando y así la persona que envió el mensaje puede decidir si llamar al conductor o escribirle en otro momento. Adicionalmente, estos sistemas cuentan con la posibilidad de que, si alguien responde al mensaje de respuesta automática con la palabra *Urgente*, el mensaje de esa persona sí se recibirá., sin embargo, esto sólo se recomendaría en caso de extrema urgencia, y si el conductor lo habilita. [185]

4.2.2. Categorización de los patrones

De la propuesta presentada anteriormente se obtuvo un total de 9 patrones de diseño de interfaces de usuario:

1. Botones físicos como atajo en el sistema.
2. Barra de acceso rápido personalizada.
3. Profundidad y amplitud de los menús.
4. Filtros de búsqueda rápida.
5. Estructura interna de las aplicaciones de terceros.
6. Bloqueo parcial del modo de interacción táctil.
7. Interacción por comandos de voz.
8. Íconos y etiquetas de texto.
9. Priorización de las notificaciones.

Para dichos patrones, se definieron los atributos de *Nombre*, *Problema*, *Usar cuando*, *Solución* y *Ejemplo*. Para poder brindar una lectura más sencilla y organizada a los interesados en el conjunto de patrones, se complementaron estos atributos con la inclusión de una categoría que pudiese agrupar múltiples patrones y clasificarlos de acuerdo con un tópico o área en específico. Estas categorías se mencionan a continuación:

- **Atajos o shortcuts:** Esta categoría está compuesta por los patrones que buscan brindar alternativas para acceder a una sección o funcionalidad del sistema de manera ágil con el objetivo de completar tareas frecuentes en un menor tiempo.
- **Contenido:** Esta categoría está compuesta por los patrones que incluyen recomendaciones relacionadas con la estructura de la interfaz, la composición de los menús, la organización de la información desplegada y la limitación de las funcionalidades en pantalla.
- **Modo de interacción:** Esta categoría está compuesta por los patrones que especifican aspectos relevantes para mejorar el modo en el que interactúa el conductor con el sistema.
- **Estilo:** Esta categoría está compuesta por los patrones relacionados con los elementos del sistema que permiten ofrecer una comunicación asertiva de las funcionalidades y mantener el atractivo estético de la interfaz.
- **Notificaciones:** Esta categoría está compuesta por los patrones que buscan especificar el modo en el que se informa acerca del estado del sistema y avisos provenientes de otras aplicaciones.

De acuerdo con lo anterior, la clasificación de los patrones en dichas categorías se puede apreciar a continuación, en la Figura 81:

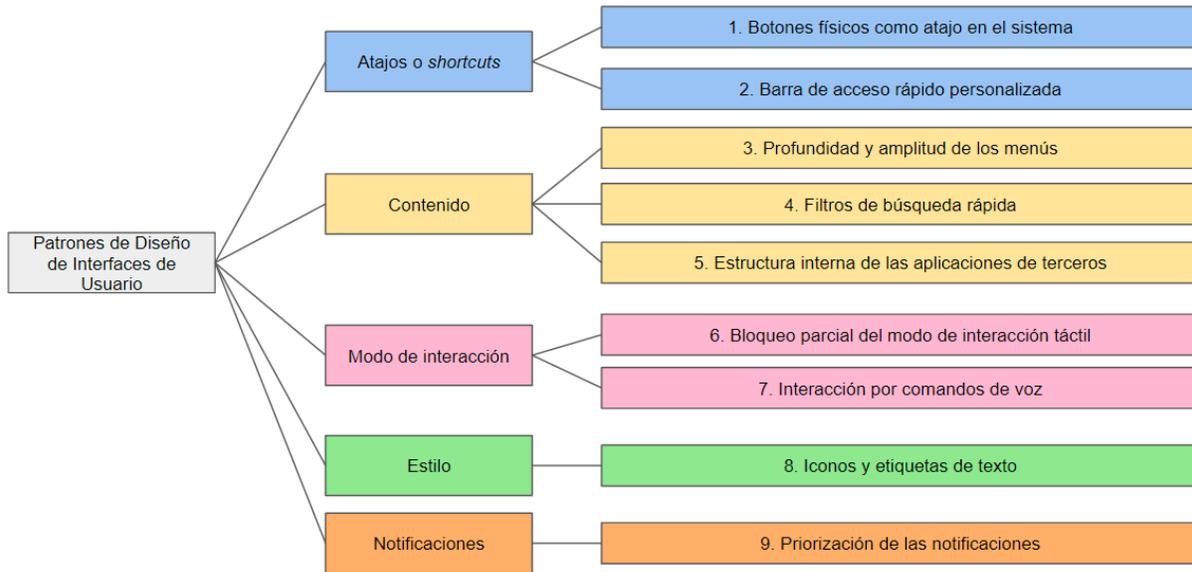


Figura 81. Clasificación de los patrones de diseño de interfaces de usuario según su categoría

4.3. Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario

A continuación, en los siguientes enlaces, se puede acceder a la lista final del conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario propuestas en el presente trabajo de grado:

- [Anexo G.](#) Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario para Sistemas *Infotainment* Basados en la Distracción del Conductor.
- [Anexo H.](#) *User Interface Design Patterns for Infotainment Systems Based on Driver Distraction.*

Capítulo 5

5. Validación del Modelo Conceptual

En este capítulo se presenta la validación de los patrones propuestos. Está compuesto por la Validez de Contenido por Panel de Expertos y la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto.

Contenido

- 5.1. Validez de Contenido por Panel de Expertos
- 5.2. Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto



Como se menciona en los objetivos del proyecto, en búsqueda de validar los patrones de diseño de interfaces de usuario propuestos en la sección anterior, se propone evaluarlos a través de dos procedimientos: (1) **Validez de Contenido por Panel de Expertos** y (2) **Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto** [48]. El primer procedimiento es realizado por un panel de expertos en el área, en este caso, expertos en el diseño de interfaces de usuario, quienes pueden determinar subjetivamente que el modelo cumple satisfactoriamente con tres criterios principales: (i) el modelo está soportado por teorías y principios robustos, (ii) el modelo es lógicamente coherente, congruente con la realidad de estudio y adecuado al propósito para el cual fue diseñado, y (iii) el modelo aporta algo nuevo y no es solo una duplicación de un modelo ya existente. Por otro lado, el segundo procedimiento de validación se refiere a la construcción de un artefacto que materialice el modelo conceptual o parte del modelo. Se puede considerar que este procedimiento es una manera indirecta de validar el modelo conceptual. Para este segundo punto, se propuso construir un prototipo de una interfaz de usuario de acuerdo con los patrones de diseño establecidos en la sección anterior, para validar el cumplimiento de lo propuesto y tener un *proxy*² del nivel de distracción generado por el prototipo vs. el nivel de distracción generado por la interfaz original.

La Fase de Validación tuvo una duración aproximada de 8 semanas, distribuidas en 4 semanas para la Validez de Contenido por Panel de Expertos y otras 4 semanas para la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto. En la Figura 82 se observan los procedimientos que tuvo la Fase de Validación, así como el tiempo aproximado que conllevó el desarrollo de cada uno.

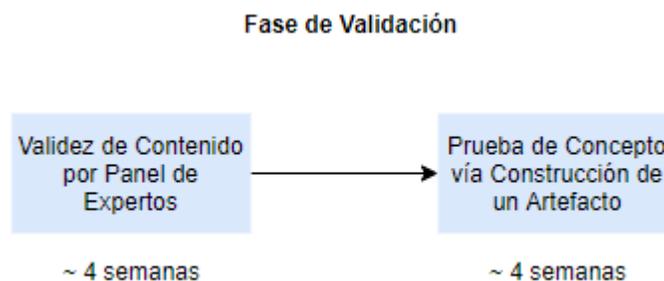


Figura 82. Procedimientos de la Fase de Validación

5.1. Validez de Contenido por Panel de Expertos

En este primer procedimiento de la Fase de Validación, se realizaron un par de etapas que permitieron obtener retroalimentación por parte de un conjunto de expertos en el área, y así poder validar conceptualmente los patrones de diseño de interfaces de usuario propuestos. En primer lugar, se realizó una planeación en la que se caracterizó el perfil de los expertos a solicitar

² Una variable utilizada en lugar de la variable de interés cuando esa variable de interés no se puede medir directamente [186]. La variable *proxy* debe tener una correlación con la variable de interés, más no debe ser necesariamente lineal o positiva [187].

retroalimentación, se consolidó el formulario de validación y se compartió dicho formato con el panel de expertos para su evaluación. Luego de obtener las respuestas de los expertos, se procede a una Fase de Análisis de Resultados, en la que se evaluó el cumplimiento o no de los criterios establecidos en la plantilla de validación utilizada. La Figura 83 resume en alto nivel las etapas del primer procedimiento de la Fase de Validación.

Fase de Validación: Validez de Contenido por Panel de Expertos



Figura 83. Etapas de la Validez de Contenido por Panel de Expertos

5.1.1. Fase de Planeación y Evaluación de la Validez de Contenido por Panel de Expertos

Para la Fase de Planeación y Evaluación de la Validez de Contenido por Panel de Expertos se realizaron las siguientes actividades:

1. Caracterización del perfil de los expertos
2. Desarrollo del formulario de validación

Caracterización del perfil de los expertos

Debido a que los patrones de diseño de interfaces de usuario sirven a los diseñadores como referencia para dar soluciones de diseño a problemas recurrentes derivados de la interacción del usuario con un sistema, la propuesta de los patrones desarrollados se presenta ante profesionales con experiencia en diseño y evaluación de interfaces de usuario, diseño UX, diseño de interacción, y en general, con amplia experiencia trabajando en el área de interacción humano-computador. En total, el formulario fue enviado a 10 expertos latinoamericanos: 4 expertos de Colombia, 3 de México, 1 de Ecuador, 1 de Argentina y 1 de Costa Rica. Todos los expertos son investigadores activos o colaboradores en compañías en el área de HCI, con más de 10 años de experiencia en el campo y con publicaciones destacadas de UX, usabilidad, accesibilidad, diseño centrado en el usuario, desarrollo de sistemas interactivos, diseño de interfaces de usuario, especificación de directrices y heurísticas para el diseño, entre otros. Se resalta que 3 de ellos han trabajado previamente en el diseño e implementación de patrones de diseño de interfaces de usuario en diferentes áreas.

Desarrollo del formulario de validación

Las preguntas que se realizaron a los expertos para validar el contenido de los patrones de diseño de interfaces de usuario fueron basadas en las predefinidas en el trabajo de Mora [48], sin embargo, fue necesario redactarlas de manera que hicieran referencia a la propuesta desarrollada y acompañar el formulario de una breve introducción en la que se explicara qué son los patrones de diseño de interfaces de usuario en general, cuál es el objetivo de la presente investigación, qué se espera de los expertos, el enlace del archivo adjunto con los patrones a evaluar y, por último, una aclaración de que la encuesta sería realizada de forma anónima.

La evaluación de validez de contenido definida por Mora [48] cuenta con un total de 7 preguntas calificadas a través una escala de Likert de 1 a 5 (1: totalmente en desacuerdo, 5: totalmente de acuerdo), referentes a los principios teóricos de soporte de la propuesta y su relevancia al tópico, la pertinencia de la literatura revisada para su desarrollo, la coherencia de la propuesta, si cumple con el propósito para el cual fue diseñada, aportes frente al tópico y el estilo de presentación de la propuesta. Adicionalmente, se deciden hacer 6 preguntas más, 5 de ellas evaluadas con la misma escala, dedicadas a la validación de cada una de las secciones de los patrones desarrollados (*Problema, Solución, Usar cuando, Ejemplo y Categoría*) y una pregunta abierta al final (opcional) donde los expertos podían dejar su opinión acerca de cómo podría reforzarse el conjunto de patrones presentados.

Es así como se definen 13 preguntas en total, de la 1 a la 12 calificadas de 1 a 5 según el grado de acuerdo de los expertos, y una pregunta abierta opcional para opiniones de refuerzo. Los enunciados de las preguntas se presentan a continuación:

- P1.** La propuesta de patrones está soportada por sólidos principios teóricos.
- P2.** Los principios teóricos usados para desarrollar la propuesta de patrones son relevantes al tópico en cuestión.
- P3.** La literatura revisada para desarrollar la propuesta de patrones no presenta omisiones importantes al tópico.
- P4.** La propuesta de patrones es lógicamente coherente
- P5.** La propuesta de patrones es adecuada con el propósito para el cual fue diseñada.
- P6.** La propuesta de patrones aporta algo nuevo al conocimiento de tal tópico y no es una duplicación de un modelo ya existente.
- P7.** El estilo de presentación de la propuesta de patrones es adecuado para un reporte científico.
- P8.** Los problemas descritos en los patrones son claros.
- P9.** Las soluciones dan respuesta a los problemas de manera coherente.
- P10.** La sección "usar cuando" especifica de manera clara el escenario en el cual se podría implementar el patrón.
- P11.** Los ejemplos permiten clarificar el uso y la justificación del patrón.
- P12.** El contenido de los patrones concuerda con la categoría en la que se segmentó cada uno.
- P13.** Desde su perspectiva, ¿Qué podría reforzar el conjunto de patrones propuesto?

En el siguiente enlace se puede acceder al formulario desplegado en Google Forms, para la Validez de Contenido por Panel de Expertos: <https://forms.gle/YG1rEHkkadLEkGjp9>.

5.1.2. Fase de Análisis de Resultados de la Validez de Contenido por Panel de Expertos

Una vez recibidas las respuestas del formulario enviado al grupo de 10 expertos, se procede a realizar el análisis de los resultados obtenidos. En esta fase se analizan los resultados de las preguntas planteadas en [48], las preguntas adicionales, y se hace una conclusión de los puntos validados por parte del panel de expertos. Por lo tanto, se definen las siguientes actividades:

1. Validez de contenido de la propuesta
2. Validez de atributos de los patrones
3. Consolidación de resultados

Validez de contenido de la propuesta

La validez del contenido del modelo conceptual se realizó a partir de las primeras 7 preguntas del formulario. Las respuestas obtenidas para estas preguntas se pueden observar en la Tabla 30, presentada a continuación:

Tabla 30. Resultados de la P1 a P7 del formulario de validación

Experto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	3	3	4	4	4	5	4
2	5	5	4	5	5	4	4
3	4	4	3	4	5	5	4
4	4	4	4	5	5	4	4
5	5	5	5	4	4	4	4
6	4	3	3	3	5	4	3
7	5	5	5	5	4	3	4
8	4	4	4	4	4	3	4
9	3	4	3	4	5	4	3
10	4	5	3	3	4	4	5
Media aritmética	4.1	4.2	3.8	4.1	4.5	4	3.9

Para analizar los resultados, se deben tener en cuenta los valores de la escala de Likert para el nivel de acuerdo o desacuerdo [186], presentados a continuación, en la Tabla 31:

Tabla 31. Escala de Likert

Grado de acuerdo	Valor
Totalmente en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Haciendo una tabla de frecuencia de los valores recibidos se obtiene:

Tabla 32. Tabla de frecuencia de la P1 a P7

Grado de acuerdo	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Totalmente en desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0
En desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	2	4	2	0	2	2
De acuerdo	5	4	4	5	5	6	7
Totalmente de acuerdo	3	4	2	3	5	2	1

De la Tabla 32 se puede inferir que:

- El 80% de los expertos están de acuerdo con que la propuesta de patrones está soportada por sólidos principios teóricos, y 20% no están ni de acuerdo ni en desacuerdo.
- El 80% de los expertos están de acuerdo con que los principios teóricos usados para desarrollar la propuesta de patrones son relevantes al tópico en cuestión, y 20% no están ni de acuerdo ni en desacuerdo.
- El 60% de los expertos están de acuerdo con que la literatura revisada para desarrollar la propuesta de patrones no presenta omisiones importantes al tópico, y 40% no están ni de acuerdo ni en desacuerdo.
- El 80% de los expertos están de acuerdo con que la propuesta de patrones es lógicamente coherente, y 20% no están ni de acuerdo ni en desacuerdo.
- El 100% de los expertos están de acuerdo con que la propuesta de patrones es adecuada con el propósito para el cual fue diseñada.
- El 80% de los expertos están de acuerdo con que la propuesta de patrones aporta algo nuevo al conocimiento de tal tópico y no es una duplicación de un modelo ya existente, y 20% no están ni de acuerdo ni en desacuerdo.

- El 80% de los expertos están de acuerdo con que el estilo de presentación de la propuesta de patrones es adecuado para un reporte científico, y 20% no están ni de acuerdo ni desacuerdo.

El instrumento para determinar la validez de contenido de un modelo conceptual planteado por Mora [48], no define intervalos específicos para la aceptación de la validez. Sin embargo, teniendo en cuenta los enunciados descritos anteriormente, se puede observar que para todas las preguntas, la gran mayoría de respuestas se encontraban entre *totalmente de acuerdo* y *de acuerdo* en cada enunciado, con un porcentaje bajo, generalmente del 20%, con una opinión neutra. Además, se puede observar que para ninguna pregunta se obtuvieron respuestas que estuvieran *en desacuerdo* o *totalmente en desacuerdo* con el enunciado. Por lo tanto, se considera que **el panel de expertos validó la propuesta**, en términos de que se cumple satisfactoriamente con los tres criterios principales: (i) el modelo está soportado por teorías y principios robustos, (ii) el modelo es lógicamente coherente, congruente con la realidad de estudio y adecuado al propósito para el cual fue diseñado, y (iii) el modelo aporta algo nuevo y no es solo una duplicación de un modelo ya existente.

Validez de atributos de los patrones

La validez de la propuesta respecto a cada uno de los atributos que conforman los patrones (*Problema, Solución, Usar cuando, Ejemplo y Categoría*) se define a partir de las preguntas P8 a P12, cuyas respuestas por parte de los expertos se observan en la Tabla 33.

Tabla 33. Resultados de la P8 a P12 del formulario de validación

Experto	P8	P9	P10	P11	P12
1	5	5	5	5	5
2	5	5	3	5	5
3	4	5	5	5	5
4	4	4	4	4	4
5	4	4	4	4	5
6	4	4	4	3	4
7	4	4	4	4	4
8	4	3	3	4	4
9	5	5	5	4	4
10	4	4	4	3	4
Media aritmética	4.3	4.3	4.1	4.1	4.4

Haciendo una tabla de frecuencia de los valores recibidos se obtiene:

Tabla 34. Tabla de frecuencia de la P8 a P12

Grado de acuerdo	P8	P9	P10	P11	P12
Totalmente en desacuerdo	0	0	0	0	0
En desacuerdo	0	0	0	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	1	2	2	0
De acuerdo	7	5	5	5	6
Totalmente de acuerdo	3	4	3	3	4

De la Tabla 34 se puede inferir que:

- El 100% de los expertos están de acuerdo con que los problemas descritos en los patrones son claros.
- El 90% de los expertos están de acuerdo con que las soluciones dan respuesta a los problemas de manera coherente, y el 10% no están ni en acuerdo ni en desacuerdo.
- El 80% de los expertos están de acuerdo con que la sección "usar cuando" especifica de manera clara el escenario en el cual se podría implementar el patrón, y el 20% no están ni en acuerdo ni en desacuerdo.
- El 80% de los expertos están de acuerdo con que los ejemplos permiten clarificar el uso y la justificación del patrón, y el 20% no están ni en acuerdo ni en desacuerdo.
- El 100% de los expertos están de acuerdo con que el contenido de los patrones concuerda con la categoría en la que se segmentó cada uno.

Nuevamente, aunque no hay una puntuación específica para la validación, de las afirmaciones descritas anteriormente se puede observar que, para todas las preguntas, la gran mayoría de los expertos estaban *totalmente de acuerdo* o *de acuerdo* con los enunciados dados. Incluso, se puede observar que en general se obtuvo una respuesta aún más positiva que para las primeras 7 preguntas. Por lo tanto, se considera que **el panel de expertos validó la propuesta**, en términos de los atributos que conforman los patrones: *Problema, Solución, Usar cuando, Ejemplo y Categoría*.

Finalmente se hace un análisis de la pregunta abierta (P13), acerca de sugerencias para reforzar los patrones. Esta pregunta, al ser opcional, fue respondida por 6 expertos. Las sugerencias se presentan a continuación:

- “Perfilar las preferencias de configuración del sistema *infotainment* por parte del usuario de acuerdo a posibles **limitaciones físicas**”.
- “Identificación de distracciones, **emociones, cansancio**, entre otros elementos que podrían aportar desde el *infotainment* a los conductores”.

- “El conjunto de patrones podría complementarse con la inclusión de un análisis de **canales multimodales de interacción**, como el uso del dispositivo móvil como control”.
- “**Agrupamientos personalizados** podrían ayudar, que no considero lo mismo que la barra de shortcuts personalizada”.
- “En un trabajo más adelante podrían incluirse otros temas más específicos relacionados con **el color, la fuente de los textos** y otros detalles que pueden intervenir en la conducción y que normalmente no se consideran”.
- “Hacer el experimento con participantes de **otros países de Latinoamérica** podría reforzar toda la justificación de los patrones y dar una visión más amplia de los problemas de este lado del mundo”.

Todas las sugerencias y oportunidades de mejora fueron analizadas y discutidas para tenerlas en cuenta en una segunda versión de los patrones, ya que esta primera versión se acoge netamente a la distracción del conductor y no considera los aspectos relacionados con accesibilidad, emociones o cansancio. Los detalles acerca de cómo se desarrollaría una segunda versión se encuentran descritos más adelante, en la sección de trabajos a futuro.

Consolidación de resultados

El primer procedimiento de la Fase de Validación, conocido como Validez de Contenido por Panel de Expertos, sirvió para poder validar la propuesta de los patrones por parte del panel de expertos, quienes tienen experiencia en el diseño e implementación de patrones de diseño en distintas áreas, en el diseño de interfaces de usuario y en el estudio de la interacción humano-computador, entre otros. La validación permite comprobar que el modelo está soportado por teorías y principios robustos, es lógicamente coherente, congruente con la realidad de estudio, adecuado al propósito para el cual fue diseñado, y aporta algo nuevo y no es solo una duplicación de un modelo ya existente. Adicionalmente, se obtuvo una respuesta positiva acerca de la claridad de los problemas definidos en los patrones, de la coherencia de las soluciones propuestas según los problemas definidos, y de la pertinencia, claridad y concordancia de los escenarios, ejemplos y categorías definidas. Finalmente, se recibieron sugerencias e ideas para la posible ampliación del conjunto de patrones diseñado considerabas para trabajos futuros.

5.2. Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto

Como se menciona en la introducción de este capítulo, luego de validar el contenido del conjunto de patrones por parte del panel de expertos, se procede a construir un prototipo tomando en cuenta los lineamientos de diseño establecidos en los patrones. Este prototipo busca recopilar algunas de las soluciones propuestas para validar que el nivel de distracción de los usuarios puede llegar a disminuir si se tienen en cuenta ciertos elementos descritos en los patrones. Cabe resaltar que el nivel de distracción va a ser medido de acuerdo con las tres métricas de evaluación

descritas en la Fase de Exploración: (i) tiempo neto de interacción, (ii) costo de interacción y (iii) carga de trabajo mental.

Para este segundo procedimiento de la Fase de Validación, se tuvo una serie de etapas que permitieron validar con usuarios reales, los lineamientos establecidos en los patrones de diseño. En primer lugar, se consolidaron todos los componentes de la prueba en una fase de planeación, muy similar a la Planeación de la Fase de Exploración. En esta primera etapa, también se diseñó y se construyó el prototipo de una interfaz de usuario que permitió simular la pantalla táctil de los sistemas *infotainment* probados en la Fase de Exploración, ajustando algunos de los elementos descritos en los patrones. Luego, en una segunda etapa, se ejecutó la prueba con los usuarios caracterizados, obteniendo las métricas de evaluación con los mismos métodos de la Fase de Exploración. Por último, se realizó un análisis de los resultados obtenidos en la anterior etapa, en búsqueda de validar que el nivel de distracción de los usuarios nuevos puede disminuir teniendo en cuenta las soluciones propuestas en los patrones de diseño. La Figura 84 resume en alto nivel las etapas del segundo procedimiento de la Fase de Validación.

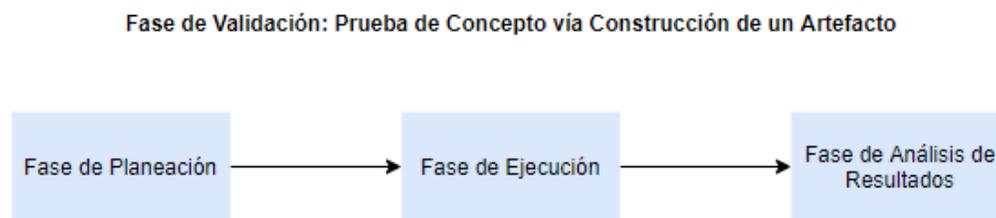


Figura 84. Etapas de la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto

5.2.1. Fase de Planeación de la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto

Para la planeación de la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto se realizaron las siguientes actividades:

- 1. Selección de las tareas a evaluar.**
- 2. Construcción del prototipo.**
- 3. Caracterización de los participantes.**
- 4. Definición de métricas y métodos de evaluación.**
- 5. Definición de equipamiento, trayecto y logística de prueba.**

Selección de las tareas a evaluar

Como se mencionó anteriormente, el objetivo principal de esta segunda parte de la Fase de Validación es poder comprobar que el nivel de distracción puede ser disminuido si se tienen en cuenta algunos de los elementos descritos en los patrones. Para ello, se propone recolectar algunas tareas secundarias que puedan incorporar las soluciones propuestas en los patrones de diseño y, a través del rediseño de las interfaces de los IVIS probados en la Fase de Exploración, se pueda medir el desempeño de los participantes y evidenciar una disminución ya sea en el tiempo o costo de interacción, o en la carga de trabajo mental.

Se recolectaron algunas tareas en las que los usuarios de la Fase de Exploración tuvieron puntos de dolor relevantes y que llevaron a construir alguno de los 9 patrones propuestos. Cabe resaltar que no todas las tareas a validar tuvieron que ser rediseñadas en el prototipo, si no que algunas se realizaron directamente en el IVIS original para ser utilizadas como punto de comparación con el rediseño o punto de comparación entre ellas mismas. A continuación, se especifican las tareas seleccionadas, si se realizó en prototipo o IVIS original, y el patrón de diseño al cual buscan dar validación:

En el prototipo

1. Tarea 1: Configurar el idioma del sistema (prototipo de Mazda Connect™).

Esta tarea se propuso con la intención de validar el **Patrón 3 de profundidad y amplitud de los menús**, el cual sugiere estructurar los menús de tal forma que el conductor pueda completar la tarea de forma más eficiente. Recordando un poco, la Tarea 7 de la Fase de Exploración, que corresponde a *Configurar el idioma del sistema* en Mazda Connect™, fue la tarea con mayor costo de interacción promedio. Una de las principales razones de esto fue que los usuarios tenían que desplazarse de pestaña en pestaña en la interfaz de *Configuraciones* para llegar hasta las opciones de *Sistema*, donde se encontraba la configuración del idioma. Teniendo en cuenta las soluciones del Patrón 3, en donde se sugiere limitar la profundidad y la amplitud de los menús, se propone reestructurar el menú de *Configuraciones* de tal manera que los usuarios no deban atravesar todas las pestañas para visualizar la lista de opciones necesaria. Para ello, se decide intercambiar las pestañas por un conjunto de opciones en una única interfaz, de tal modo que la profundidad del menú, que inicialmente haciendo uso de la rueda física de control correspondía a una profundidad de 8, pase a ser profundidad 2 (contando el menú principal). En la Figura 85 se muestra la interfaz original al ingresar a *Configuraciones* con las pestañas en la parte superior, y en la Figura 86 se muestra la propuesta de rediseño con las opciones en una única interfaz.



Figura 85. Interfaz original de *Configuraciones*



Figura 86. Propuesta de rediseño de la interfaz de *Configuraciones* para el prototipo

Con este cambio, para configurar el idioma de la interfaz, no se requeriría ingresar a una profundidad de 8 con una amplitud de 7 (como se describe en el ejemplo del Patrón 3), si no que se puede seleccionar directamente en una profundidad de 3 con una amplitud de 7, que, si cumple con el tiempo recomendado en la Ecuación 2, también descrita en el patrón.

2. Tarea 2: Sintonizar una estación de radio FM en específico (prototipo de Mazda Connect™).

Una de las retroalimentaciones mencionadas por los usuarios en la Fase de Exploración, fue que aquellos que no encontraban la estación de radio solicitada, porque no aparecía directamente entre la lista por defecto, no lograban identificar cuál era el ícono para poder sintonizar **manualmente** una frecuencia en la Tarea 5 de la Fase de Exploración (*Sintonizar una estación de radio FM en específico*). Para ello, en búsqueda de validar las soluciones descritas en el

Patrón 8 de íconos y etiquetas de texto, se propone modificar el ícono original de la opción de sintonizar manualmente (Figura 87) con otro ícono que pudiera hacer mayor alusión a la opción, e incluir una etiqueta de texto para evitar ambigüedad durante la identificación del ícono (Figura 88).



Figura 87. Ícono original para la opción de sintonizar manualmente

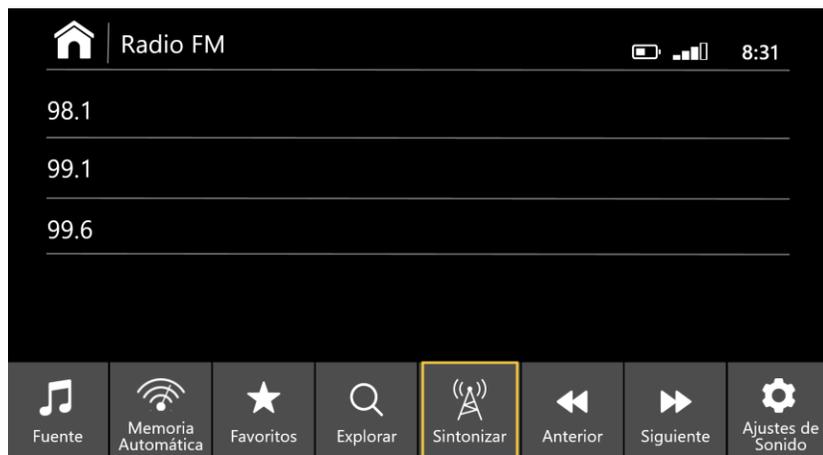


Figura 88. Ícono y etiqueta de texto propuestos para la opción de sintonizar manualmente

Solo como información adicional, en esta misma interfaz de *Radio FM*, se realizaron modificaciones a múltiples íconos que, de acuerdo con el *feedback* de los usuarios de la Fase de Exploración, no eran “muy intuitivos” a la opción a la que hacían referencia. Un ejemplo de estas modificaciones adicionales fue el ícono para buscar y configurar información relacionada con el sonido del vehículo, mencionada como Tarea 6 en la Fase de Exploración (*Buscar la información relacionada con el sonido del vehículo*). En la Figura 89 se muestra el ícono original utilizado para la configuración del sonido, y en la Figura 90 se muestra el ícono y etiqueta de texto propuestos para la opción.



Figura 89. Ícono original para la opción de configuración del sonido



Figura 90. Ícono y etiqueta de texto propuestos para la opción de configuración del sonido

3. Tarea 3: Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (prototipo de Apple CarPlay®).

Uno de los puntos de dolor que más afectó la interacción de los usuarios en la Fase de Exploración fue la búsqueda del contacto en las tareas en las que el usuario debía hacer una llamada telefónica. Recordando, hubo usuarios que les tomó más del 80% del tiempo total de la tarea realizar solo esta subactividad de búsqueda. La Tarea 2 de la Fase de Exploración (Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo) fue la tarea con mayor tiempo neto de interacción, lo que se traduce en la tarea que mayor tiempo pudo distraer a los conductores. Además, tanto la Tarea 2 como la Tarea 7 (Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo en Mazda Connect™ y Apple CarPlay®, respectivamente) ocupan el segundo y tercer puesto de las tareas con mayor carga de trabajo mental de los usuarios, los cuales también describieron en la sesión de retroalimentación su disgusto por lo demorado que fue encontrar el contacto en la lista de búsqueda. En búsqueda de validar el **Patrón 4 de filtros de búsqueda**

rápida, se propuso incluir un menú intermedio para limitar la amplitud que tenía el menú de la lista de contactos original, el cual no puede ser reducido con la solución de reorganización del Patrón 3 porque las opciones no pueden ser segmentadas en grupos de acuerdo a su funcionalidad (todos son nombres de contactos y no existe priorización inmediata entre ellos). En este caso, y como se menciona en el patrón mismo, el costo de interacción puede ser sacrificado de manera mínima en búsqueda de disminuir el tiempo neto de interacción y la carga de trabajo mental del usuario. Mencionado esto, en la Figura 91 se muestra el menú intermedio que saldría por defecto luego de seleccionar la opción de *Contactos*, y el cual ayudaría al conductor a dirigirse ágilmente al contacto que desea.

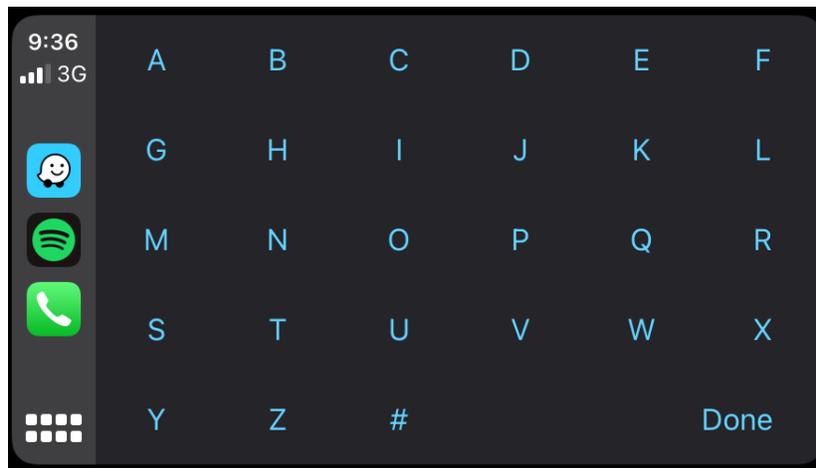


Figura 91. Menú intermedio por defecto para el filtro de nombres en la lista de contactos

4. Tarea 4: Reproducir una canción a través de Spotify® (prototipo de Apple CarPlay®).

El **Patrón 5 de estructura interna de las aplicaciones de terceros**, describe como estas aplicaciones en el IVIS pueden brindar una mejor interacción a los usuarios cuando se tiene en cuenta una limitación de sus funcionalidades, en búsqueda de evitar saturación de opciones y resultar en un foco de distracción para el conductor. Para la validación de este patrón, se propone prototipar la Tarea 12 de la Fase de Exploración, que corresponde a *Reproducir una canción a través de Spotify®*, pero esta vez, limitando un poco las funciones ofrecidas por esta *third-party app*. Para ello, se seleccionaron las opciones que pudieran ser más propensas a ser utilizadas por un conductor, teniendo en cuenta que no puede desviar su atención de la vía por un tiempo considerable. En las Figuras 92-96 se logra observar algunos de los diferentes niveles de interacción que pueden realizar los conductores en la interfaz original de *Spotify®* vs. la Figura 97 con la interfaz propuesta para disminuir el número de posibles distractores.

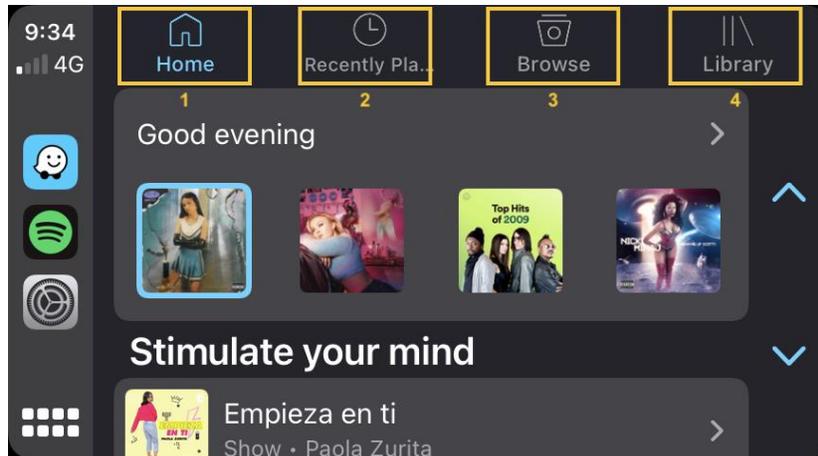


Figura 92. Pestañas de *Spotify*® en Apple CarPlay®

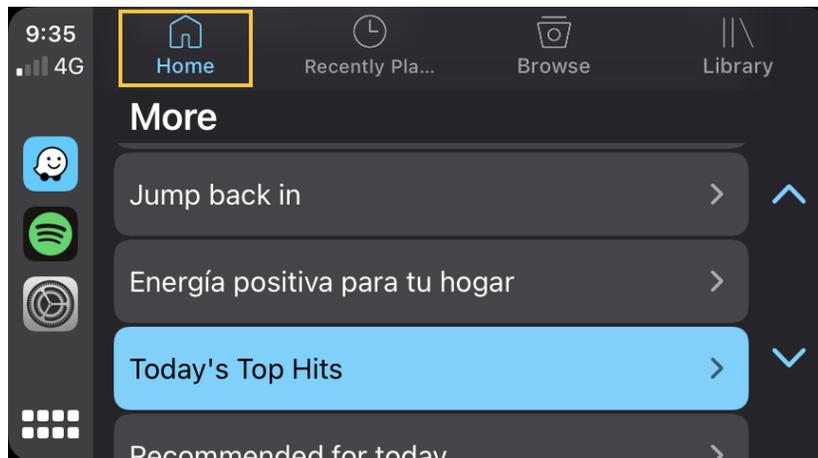


Figura 93. Interfaz principal de *Spotify*®

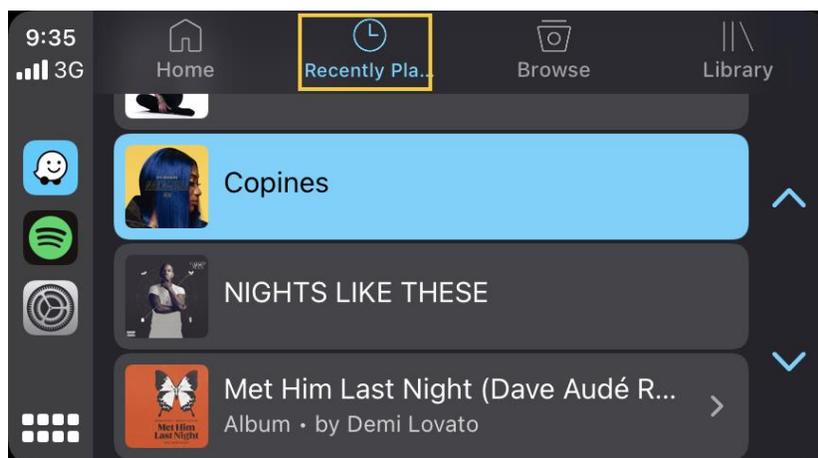


Figura 94. Interfaz de *Reproducidos recientemente* de *Spotify*®

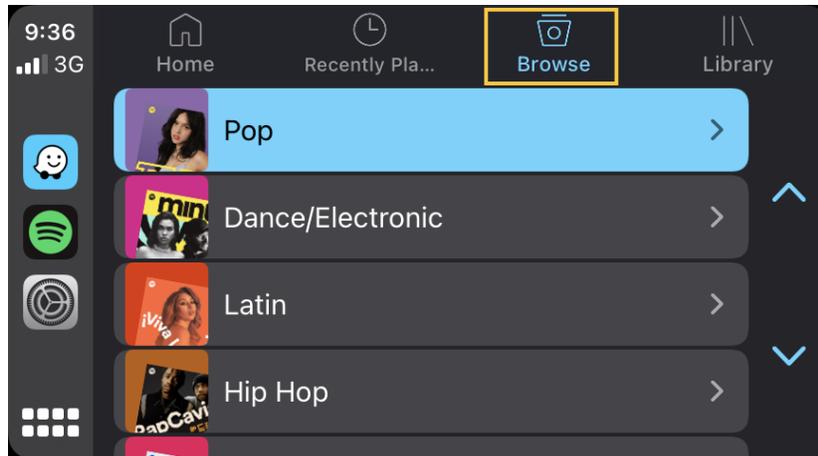


Figura 95. Interfaz de Búsqueda de Spotify®

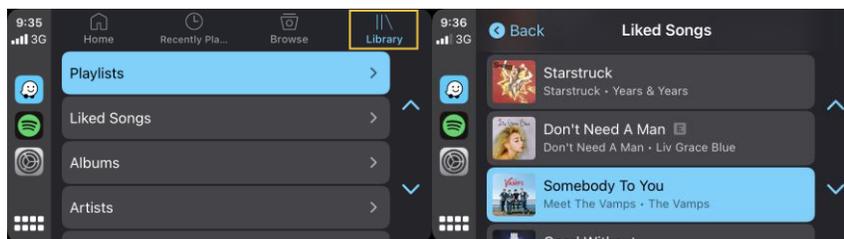


Figura 96. Interfaz de Librería de Spotify®, incluyendo un segundo nivel de profundidad al seleccionar una de las listas de reproducción o *playlists*

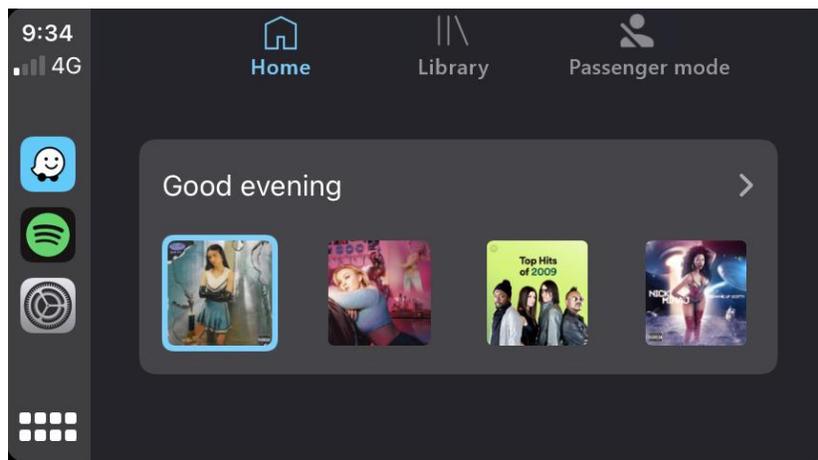


Figura 97. Interfaz en *modo conductor* de Spotify® propuesta

Como información adicional, se incluyó un botón para salir del *modo conductor*, que es la versión que cuenta con opciones limitadas, a un *modo pasajero* (*Passenger mode*) que cuenta con todas las funcionalidades ofrecidas en la interfaz original, en caso de que el IVIS sea manejado por otro usuario como un copiloto u otro pasajero, y así poder ofrecer flexibilidad y opción de

preferencia en el sistema. La Figura 98 resalta el botón incluido para cambiar el modo de la interfaz.

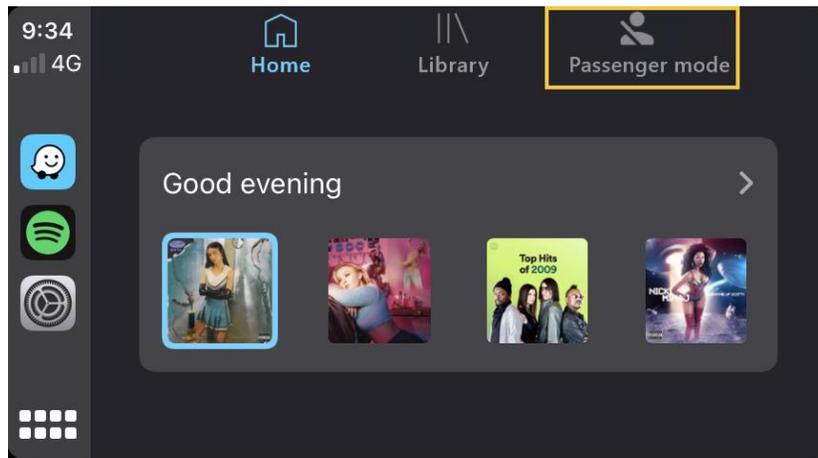


Figura 98. Botón para cambiar el modo de la interfaz de *Spotify*[®]

Entre las modificaciones realizadas se encuentra el rediseño de la interfaz de reproducción de una canción, la cual incluye un número menor de funcionalidades, que muy posiblemente no sean fundamentales durante el ejercicio de conducción. En la Figura 99 se muestra la interfaz original cuando se reproduce una canción vs. la Figura 100 con el rediseño propuesto.

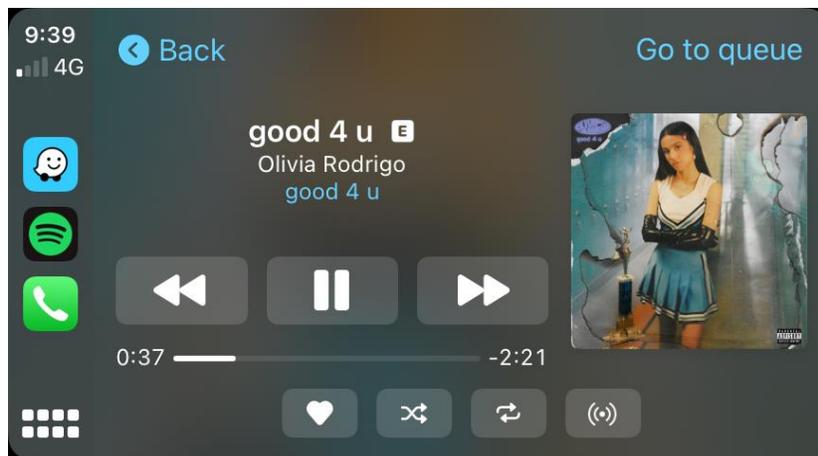


Figura 99. Interfaz original de reproducción de una canción de *Spotify*[®] en Apple CarPlay[®]

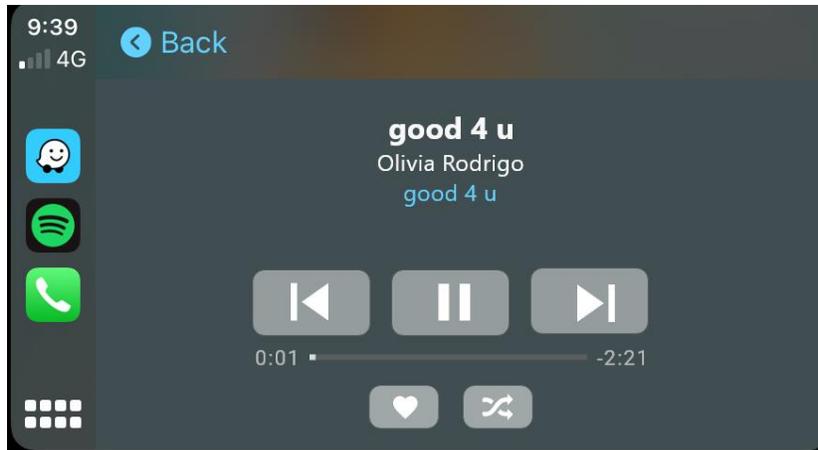


Figura 100. Propuesta de rediseño para la interfaz de reproducción de una canción de *Spotify*[®] en Apple CarPlay[®]

Cabe mencionar que el rediseño propuesto para gran parte de la interfaz del *modo de conductor*, incluyendo la interfaz de reproducción de una canción, se basó en las funcionalidades ofrecidas en la interfaz de teléfono móvil a la que se adapta la aplicación de *Spotify*[®] cuando se detecta conexión a un vehículo, y que tiene bastante sentido, considerando la disminución de opciones para evitar distraer al conductor. En la Figura 101 se muestra la interfaz de *Spotify*[®] en el teléfono móvil cuando no hay conexión al vehículo vs. la Figura 102 cuando existe conexión al vehículo.

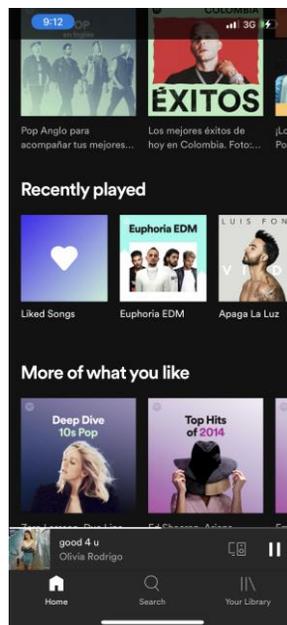


Figura 101. Interfaz de *Spotify*[®] en el teléfono móvil sin conexión al vehículo



Figura 102. Interfaz de *Spotify*[®] en el teléfono móvil con conexión al vehículo

En el IVIS original

5. Tarea 5: Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo (Apple CarPlay[®]).

Esta tarea se propone como fuente de comparación para la Tarea 3 de la Fase de Validación, que como se menciona arriba, corresponde a *Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo*, en la que fue incluida un menú intermedio para el filtro de contactos por la letra inicial. Se propone esta tarea para poder comparar los valores de tiempo neto de interacción y carga de trabajo mental subjetiva de los usuarios y validar que el sacrificio de un costo de interacción mínimo a cambio de un mejor rendimiento en términos de tiempo, puede ayudar a la interacción y a disminuir el nivel de distracción del conductor.

6. Tarea 6: Establecer una ruta de navegación en Waze[™] sin utilizar el shortcut para ingresar a la aplicación (Apple CarPlay[®]).

En búsqueda de validar de nuevo lo especificado en el **Patrón 2 de barra de acceso rápido personalizada**, donde se describe que incluir una barra de acceso rápido personalizada como atajo o *shortcut* puede reducir el costo de interacción, el tiempo neto de interacción y la carga de trabajo mental del conductor, se propone realizar una misma tarea haciendo uso y no uso de esta herramienta de atajo, con la finalidad de volver a comprobar lo mencionado. Para ello, la Tarea 6 de la Fase de Validación corresponde a la misma Tarea 13 de la Fase de Exploración (*Establecer una ruta de navegación en Waze[™]*) pero esta vez sin tener la posibilidad de utilizar el *shortcut* para ingresar a la *third-party app*.

7. Tarea 7: Establecer una ruta de navegación en Waze™ pudiendo utilizar el shortcut para ingresar a la aplicación (Apple CarPlay®).

Teniendo como contexto lo descrito en la anterior tarea, la Tarea 7 de la Fase de Validación propone la realización de la misma Tarea 13 de la Fase de Exploración (*Establecer una ruta de navegación en Waze™*) y Tarea 6 de la Fase de Validación, pero esta vez solo teniendo la posibilidad de utilizar el *shortcut* para ingresar a la *third-party app*. Se tiene como objetivo comparar los valores de las tres métricas de evaluación de la Tarea 6 y 7 de la Fase de Validación y analizar los resultados obtenidos.

Construcción del prototipo

Para la construcción del prototipo se tuvo en cuenta el diseño original de los sistemas *infotainment* probados en la Fase de Exploración: Mazda Connect™ y Apple CarPlay®. El diseño de las propuestas descritas en el anterior punto fue desarrollado utilizando la herramienta de edición de gráficos vectoriales y prototipado, *Adobe XD* [189], y fue desplegado en una *tablet* para simular la pantalla táctil del IVIS. Se realizaron en total 2 prototipos, cada uno haciendo alusión a uno de los dos sistemas *infotainment* mencionados.

Caracterización de los participantes

Para la Fase de Validación se tuvo en cuenta dos puntos en concreto:

1. Los usuarios a evaluar en esta fase no pueden ser los mismos que fueron evaluados en la Fase de Exploración debido a que ya contarían con la experiencia de ejecutar las mismas tareas en los sistemas, por lo que podrían contaminar la interacción, y en general, la validación.
2. El perfil de los usuarios de esta fase debe ser el mismo que se consideró para la Fase de Validación en búsqueda obtener un comportamiento relativamente igual, y poder evaluar las propuestas realizadas y no el comportamiento de otro segmento de conductores.

Mencionado esto, se seleccionaron a otros 5 usuarios para la Fase de Validación, los cuales fueron caracterizados utilizando la técnica Persona. En la Tabla 35 se ilustra un resumen de las características mencionadas de cada uno de los 5 nuevos usuarios a poner a prueba.

Tabla 35. Perfil de los usuarios de la Fase de Validación

Usuario	Edad	Experiencia conduciendo (en años)	Frecuencia de uso de sistemas <i>infotainment</i>	Sistemas <i>infotainment</i> utilizados
1	26 años	3 años	Baja frecuencia	Renault Infotainment System, Mazda Connect™
2	22 años	5 años	Alta frecuencia	Ford SYNC, MBUX Infotainment System, Renault Infotainment System

3	24 años	4 años	Mediana frecuencia	Renault Infotainment System, Android Auto
4	23 años	5 años	Alta frecuencia	Ford SYNC
5	25 años	7 años	Mediana frecuencia	Nissan Infotainment System, Renault Infotainment System, Android Auto

Métricas y métodos de evaluación

Para la Fase de Validación se van a seguir las mismas métricas de evaluación de la Fase de Exploración (i.e. tiempo neto de interacción, costo de interacción y carga de trabajo mental), así como los mismos métodos utilizados para la obtención de las métricas (i.e. Método de observación, protocolo de *Thinking Aloud*, DALI y Prueba Retrospectiva).

Equipamiento, trayecto y logística de prueba

Para el equipamiento del vehículo, debido a la necesidad de utilizar el prototipo, se instaló la *tablet* donde se ubica normalmente la pantalla del IVIS. Las 3 cámaras de grabación fueron instaladas en el mismo lugar en las que se ubicaron en la Fase de Exploración. En la Figura 103 se puede observar la posición de la *tablet* y las 3 cámaras de video instaladas en el vehículo.

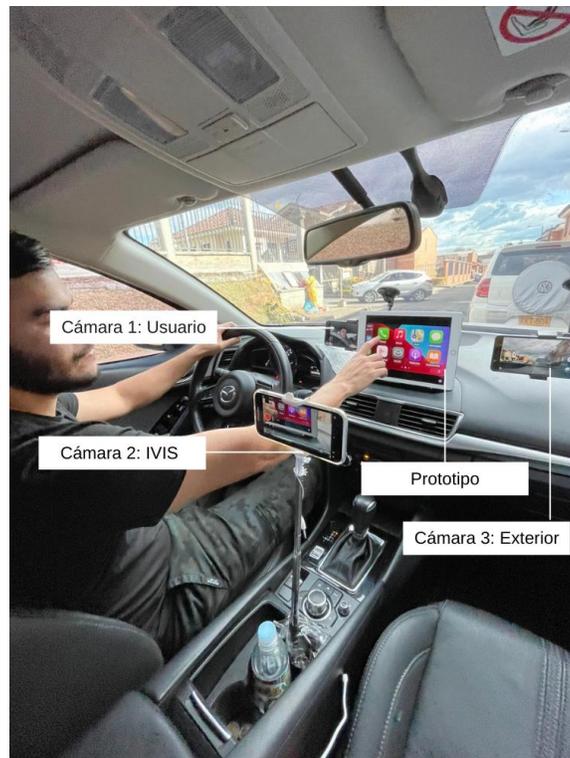


Figura 103. Equipamiento en el vehículo para la Fase de Validación

Por otro lado, el trayecto para la Fase de Validación fue el mismo recorrido en la Fase de Exploración.

Así mismo como en la Planeación de la Fase de Exploración, se consolidó un *brief* o discurso corto para organizar la logística de la prueba, incluyendo esta vez los momentos en los que se debía cambiar de prototipo y retirar la *tablet* para hacer uso del IVIS normal.

5.2.2. Fase de Ejecución de la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto

El procedimiento para realizar las pruebas de validación fue relativamente el mismo ejecutado en las pruebas de exploración. El *facilitador* se encargó de contextualizar al usuario con respecto a los objetivos de esta parte del proyecto, la metodología de prueba y los riesgos que se pudieran presentar durante la ejecución de la misma. Al igual que para la Fase de Exploración, se les solicitó a los participantes completar un Formato de Consentimiento Informado y un Formato de Autorización de Grabación.

La plantilla del Formato de Consentimiento Informado de la Fase de Validación se puede encontrar en el [Anexo I](#). Por otro lado, la plantilla del Formato de Autorización de Grabación no fue modificada y corresponde al mismo [Anexo B](#).

Luego de que el usuario firmara ambos formatos, se procede a brindarle la oportunidad de familiarizarse con el vehículo y con el sistema *infotainment*. Posteriormente, el facilitador guía al usuario por el trayecto por el cual debe completar la prueba. Por último, se ponen a grabar las cámaras de video, se ajusta el prototipo y se comienzan a dictar las tareas descritas anteriormente, una por una.

Luego de completar las 7 tareas de la Fase de Validación, el facilitador le solicitó al usuario completar el formato del DALI. Recordando, el facilitador le explica al usuario qué se quiere medir con esta técnica de evaluación y cómo llenarlo. Luego, el facilitador va reproduciendo los videos capturados durante la prueba a medida que el usuario llena el formulario para cada una de las tareas.

La duración aproximada de la prueba, por cada uno de los usuarios, fue de 30 minutos, y la Fase de Ejecución completa tuvo una duración aproximada de 1 semana para las pruebas con los 5 usuarios.

Cabe mencionar que, también se tuvo un espacio de retroalimentación con cada usuario, en el que se recibió *feedback* general de la prueba y comparaciones entre tareas (e.g. pros y contras de realizar una tarea con *shortcut* vs. sin *shortcut*, incluir un menú intermedio para filtrar a los contactos por letras, etc.), y también fue utilizado como fuente de validación de los patrones propuestos. Adicionalmente, se les enseñó el diseño original de las tareas prototipadas en

búsqueda de recibir comentarios acerca de los cambios realizados y de las soluciones propuestas en los patrones.

5.2.3. Fase de Análisis de Resultados de la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto

Luego de haber completado la Ejecución de la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto, se procede al análisis de los resultados obtenidos. Esta fase de análisis puede dividirse en 4 módulos que terminan en una conclusión en la que se describen los puntos validados por parte de los usuarios en prueba.

Los 4 módulos en los que se puede dividir esta Fase de Análisis de Resultados son los siguientes:

1. Análisis de las métricas de evaluación
2. Validación por patrón
3. *Focus group*
4. Consolidación de resultados

Análisis de las métricas de evaluación

Como se mencionó anteriormente, para la Fase de Validación también se analizaron las mismas tres métricas de la Fase de Exploración: tiempo de interacción, costo de interacción y carga de trabajo mental. Como se menciona en la sección 3.1.4., estas métricas están relacionadas con el nivel de distracción del usuario. Por esta razón, se propone comparar las métricas obtenidas en las tareas con el diseño original vs. las métricas obtenidas en las tareas con las propuestas de rediseño basadas en los patrones, esperando evidenciar una disminución en el nivel de distracción de los usuarios. Esta comparación por tarea se describe más adelante en la sección de *Validación por patrón*. En esta sección de *Análisis de las métricas de evaluación* se describe el procedimiento para consolidar la información recolectada y el análisis general de los resultados obtenidos.

En primer lugar, se completó el mismo **formato de observación** descrito en la sección 3.3.1., esta vez para los usuarios de validación, en el que se recolectó la información relacionada a los tiempos totales, tiempos de interacción, costo de interacción, identificación de puntos de dolor, etc.

En el siguiente enlace se puede encontrar el formato de observación completo para las 7 tareas de los 5 usuarios: [Anexo J.](#)

En la Tabla 36 se muestran los resultados obtenidos de cada usuario con relación al tiempo neto de interacción.

Tabla 36. Tabla resumida del TNI para la Fase de Validación

Tiempo neto de interacción (seg)					
Tarea	Usuario 1	Usuario 2	Usuario 3	Usuario 4	Usuario 5
1	10	9	17	13	12
2	8	7	15	12	12
3	13	12	15	12	14
4	9	10	9	8	11
5	86	26	131	55	59
6	15	16	25	16	21
7	8	7	10	9	36

A partir de la Tabla 36, y siguiendo con el procedimiento de depuración de valores *outliers*, se logró obtener el tiempo de interacción promedio de cada tarea, que va a ser utilizado para poder realizar las comparaciones pertinentes en la siguiente sección. Estos resultados se evidencian en la Tabla 37.

Tabla 37. Cálculos del TNI para la Fase de Validación

Tiempo neto de interacción (seg)	
Tarea	Tiempo de interacción promedio (AVG no <i>outliers</i>)
1	12.2
2	10.8
3	13.2
4	9.4
5	71.4
6	18.6
7	14

Luego de haber obtenido los tiempos de interacción, se procedió a realizar el **análisis de la carga de trabajo mental**. Para ello, se consolidó un puntaje ponderado de carga para cada tarea, de acuerdo con los resultados del DALI; igual que para la Fase de Exploración.

En la Tabla 38 se muestran los puntajes ponderados de cada tarea. En el [Anexo K](#) se pueden observar todos los valores y pesos obtenidos en el DALI.

Tabla 38. Resultados del DALI para la Fase de Validación

Índice de Carga de la Actividad de Conducción (DALI)	
Tarea	Puntaje ponderado (mín: 0, máx: 10)
1	5.8
2	5.6
3	6.3
4	5.0
5	7.9
6	6.8
7	6.2

Posteriormente, se realizó el **análisis gráfico del costo de interacción**, para entender visualmente el comportamiento de los usuarios frente a las tareas realizadas. Recordando, con este análisis gráfico se busca comprender de una manera más detallada cómo fue el flujo de la tarea e identificar los puntos de la interacción que le pudieron doler al usuario.

En la Tabla 39 se evidencia el costo de interacción promedio de cada una de las tareas de la Fase de Validación.

Tabla 39. Costos de interacción promedio de la Fase de Validación

Costo de interacción	
Tarea	Número de costos o pasos promedio
1	5
2	3
3	5
4	2
5	5
6	4
7	3

En el siguiente enlace se pueden encontrar todos los grafos utilizados para representar las tareas ejecutadas en la Fase de Validación, así como los puntos de dolor identificados y hallazgos adicionales: [Anexo L](#).

Los valores de estas tres métricas consolidadas previamente, van a ser utilizadas como una de las fuentes de validación de las soluciones propuestas en los patrones de diseño de interfaces de usuario.

Validación por patrón

Como se menciona en la *Selección de tareas a evaluar* de la sección 5.2.1., cada una de las tareas de la Fase de Validación fue realizada con la finalidad de validar alguno de los patrones. A continuación, se describe la validación de cada uno de los patrones de acuerdo con la Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto, y la tarea o conjunto de tareas que conllevaron a dicha validación.

Patrón 3: Profundidad y amplitud de los menús

Recordando un poco, este patrón sugiere estructurar los menús de tal forma que el conductor pueda completar la tarea de manera más eficiente. Para este caso, se compararon los valores de las métricas de la Tarea 7 de la Fase de Exploración (*Configurar el idioma del sistema* en el Mazda Connect™) vs. la Tarea 1 de la Fase de Validación (*Configurar el idioma del sistema* en el **prototipo** del Mazda Connect™). Para la tarea de la Fase de Validación se tuvo un par de ajustes en la UI que permitieron reducir el número de costos de interacción que le llevaba al usuario completar la actividad. Estos ajustes se hicieron siguiendo los lineamientos establecidos en el Patrón 3, por lo que disminuir el tiempo de interacción, el costo, y la carga de trabajo mental del usuario para configurar el idioma de la interfaz, se considera un *proxy* de reducción del nivel de distracción, y por ende, un soporte para la validación del patrón.

Mencionado esto, en la Tabla 40 se muestran las métricas de evaluación obtenidas en la Tarea 7 de la Fase de Exploración (*Original*) vs. las métricas de evaluación obtenidas en la Tarea 1 de la Fase de Validación (*Prototipo*).

Tabla 40. Comparación de las métricas de evaluación para la validación del Patrón 3

Configurar el idioma del sistema		
Métrica de evaluación	Original	Prototipo
Tiempo de interacción promedio (seg)	40.2	12.2
Costo de interacción promedio (pasos)	8	5
Carga de trabajo mental subjetiva promedio (Puntaje ponderado)	6.7	5.8

Con los resultados de la Tabla 40 se puede concluir que tanto el tiempo de interacción, el costo y la carga de trabajo mental subjetiva disminuyeron con los ajustes realizados. Esto es un *proxy* de que el nivel de distracción del usuario disminuyó gracias a la reestructuración de los menús de la interfaz de *Configuraciones*, siguiendo los lineamientos establecidos en la propuesta de patrones.

Cabe aclarar que, si bien el prototipo es una herramienta de simulación aproximada al entorno real de la interfaz, la validación por métricas fue apoyada por una retroalimentación por los usuarios en prueba, a quienes se les enseñó el flujo de la tarea en la interfaz original y quienes describieron de manera *unánime* que consideraban la versión prototipada como “menos distractora”.

Patrón 8: Íconos y etiquetas de texto

Para la validación de este patrón se propuso la realización de la tarea de *Sintonizar una estación de radio FM en específico*, pero esta vez, con los íconos de la interfaz de *Radio FM* distintos a los que están en la interfaz original. Recordando, los usuarios inicialmente tenían problemas encontrando el ícono de *sintonizar*, sumado a la ambigüedad que presentaba la interfaz por no contar con etiquetas de texto visibles para las opciones. La alteración realizada con el prototipo se espera que sea una fuente de disminución del tiempo que le lleve al usuario identificar dicha opción, y también, una fuente para reducir la carga de trabajo mental durante la realización de la tarea.

Mencionado esto, en la Tabla 41 se muestran las métricas de evaluación obtenidas en la Tarea 5 de la Fase de Exploración (*Original*) vs. las métricas de evaluación obtenidas en la Tarea 2 de la Fase de Validación (*Prototipo*). Cabe mencionar que las métricas de evaluación de la Tarea 5 de la Fase de Exploración fueron ajustadas para que fueran comparables con las actividades del prototipo.

Tabla 41. Comparación de las métricas de evaluación para la validación del Patrón 8

Sintonizar una estación de radio FM		
Métrica de evaluación	Original	Prototipo
Tiempo de interacción promedio (seg)	18.1	10.8
Costo de interacción promedio (pasos)	5	3
Carga de trabajo mental subjetiva promedio (Puntaje ponderado)	5.8	5.6

Con los resultados de la Tabla 41 se puede concluir que el tiempo de interacción promedio disminuyó significativamente, así mismo como la carga de trabajo mental considerada por los usuarios.

Al igual que para la validación del patrón descrito anteriormente, se compartió la interfaz original con los usuarios de esta fase, quienes dieron a conocer que “*no hubieran sabido cómo identificar los anteriores íconos, y mucho menos sin el acompañamiento de las palabras [etiquetas de texto]*”.

Patrón 4: Filtros de búsqueda rápida

Para la validación del Patrón 4 se decidió realizar una propuesta de rediseño de la tarea de *Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo*, que como ya se mencionó anteriormente, fue una de las tareas con mayor tiempo de interacción y carga de trabajo mental durante la Fase de Exploración. Recordando, el punto de dolor más notorio durante esta tarea fue todo el tiempo que debían invertir los conductores buscando al contacto en la lista. Esto, según lo descrito por los usuarios, les generó estrés y frustración, además de mantenerlos distraídos por un porcentaje muy considerable de tiempo durante la realización de la tarea. Con el menú intermedio descrito en la Tarea 3 de la Fase de Validación, el cual fue prototipado para la validación de este patrón, se espera que el usuario pueda completar la tarea en un tiempo mucho menor y evitar mantener a los recursos cognitivos en competencia por una duración tan larga como lo tuvieron que hacer los usuarios de exploración.

Para esta validación, se realizó la tarea de la llamada tanto en el prototipo (con la inclusión del menú intermedio) como en la interfaz original de nuevo.

Mencionado esto, en la Tabla 42 se muestran las métricas de evaluación obtenidas en la Tarea 5 de la Fase de Validación (*Original*) vs. las métricas de evaluación obtenidas en la Tarea 3, también de la Fase de Validación (*Prototipo*).

Tabla 42. Comparación de las métricas de evaluación para la validación del Patrón 4

Hacer una llamada telefónica a través de la pantalla del vehículo		
Métrica de evaluación	Original	Prototipo
Tiempo de interacción promedio (seg)	71.4	13.2
Costo de interacción promedio (pasos)	5	5
Carga de trabajo mental subjetiva promedio (Puntaje ponderado)	7.9	6.3

Con estos resultados, se puede concluir que la inclusión del menú intermedio, propuesto en el Patrón 4, permitió que el usuario disminuyera en un porcentaje significativo el tiempo para completar la tarea, e inclusive, disminuir considerablemente la carga de trabajo mental percibida. Cabe recordar que la inclusión de este menú pudo haber aumentado el costo de interacción en algunos de los casos, sin embargo, la compensación o *trade off* que existe entre la disminución del tiempo y el incremento del costo, es lo suficientemente válida como para confirmar la ayuda brindada por este filtro.

Patrón 5: Estructura interna de las aplicaciones de terceros

Para la validación de este patrón se propuso volver a realizar la tarea de *Reproducir una canción a través de Spotify®*, pero esta vez limitando las funcionalidades que brinda originalmente esta *third-party app*. Como se menciona en la descripción de la tarea, la interfaz original de *Spotify®* en *Apple CarPlay®* brinda un número considerable de opciones a los conductores de tal forma que, según la retroalimentación de algunos usuarios de exploración, puede incrementar la distracción al conducir. En el prototipo se rediseñó la interfaz de esta aplicación, limitando el número de funcionalidad en el *modo conductor*, siguiendo los lineamientos propuestos en el Patrón 5. Para la validación de este patrón se propuso comparar las métricas de evaluación de la Tarea 12 de la Fase de Exploración (Original) vs. la Tarea 4 de la Fase de Validación (Prototipo), en búsqueda de validar que una interfaz con una menor oferta de funcionalidades no fundamentales puede mejorar el rendimiento del conductor frente a la realización de una tarea secundaria.

Cabe aclarar que, para la realización de esta tarea durante la Fase de Exploración, los usuarios tuvieron la libertad de elegir cualquier canción, por lo que algunos incrementaron su costo de interacción ingresando a una o dos interfaces de detalle adicionales.

En la Tabla 43 se muestran las métricas de evaluación obtenidas en la Tarea 12 de la Fase de Exploración (*Original*) vs. las métricas de evaluación obtenidas en la Tarea 4 de la Fase de Validación (*Prototipo*).

Tabla 43. Comparación de las métricas de evaluación para la validación del Patrón 5

Reproducir una canción a través de <i>Spotify®</i>		
Métrica de evaluación	Original	Prototipo
Tiempo de interacción promedio (seg)	24.4	9.4
Costo de interacción promedio (pasos)	4	2
Carga de trabajo mental subjetiva promedio (Puntaje ponderado)	6.6	5.0

Con estos resultados, se puede concluir que limitar las funcionalidades de la interfaz de esta aplicación, pudo disminuir en parte el tiempo, el costo de interacción y la carga de trabajo mental subjetiva promedio percibida por los usuarios.

Patrón 2: Barra de acceso rápido personalizada

Este Patrón 2 surgió a partir de una de las buenas prácticas de los usuarios de la Fase de Exploración. Durante el análisis de resultados de la fase mencionada se concluyó que los usuarios tendían a tener un menor costo de interacción, tiempo y carga de trabajo mental cuando

utilizaban *shortcuts*, por lo que de una u otra manera surgió como resultado de una validación ya realizada. Sin embargo, con la Tarea 6 y 7 de la Fase de Validación (*Establecer una ruta de navegación en Waze™, sin utilizar shortcut y utilizando shortcut*, respectivamente), se propuso confirmarlo nuevamente.

A continuación, en la Tabla 44, se enseñan los resultados obtenidos para la tarea utilizando *shortcut* para ingresar a la aplicación vs. ingresar sin utilizarlo.

Tabla 44. Comparación de las métricas de evaluación para la validación del Patrón 2

Reproducir una canción a través de Spotify®		
Métrica de evaluación	Con <i>shortcut</i>	Sin <i>shortcut</i>
Tiempo de interacción promedio (seg)	18.6	14
Costo de interacción promedio (pasos)	4	3
Carga de trabajo mental subjetiva promedio (Puntaje ponderado)	6.8	6.2

Con los resultados de la tabla anterior, se logró validar que, efectivamente, la incorporación de una barra de acceso rápido personalizada con *shortcuts* puede mejorar el rendimiento del usuario en términos de tiempo y costo de interacción, e inclusive en términos de carga de trabajo mental, lo que, como *proxy*, indica una disminución en el nivel de distracción generado por el sistema *infotainment*.

Focus group

Luego de haber validado los patrones por Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto, y haber obtenido retroalimentación por parte de los usuarios de la Fase de Validación, se propuso realizar un *focus group* con la intención de recibir mayor retroalimentación con respecto a las soluciones descritas en los patrones. Para ello, se agendaron reuniones virtuales con los usuarios de la Fase de Exploración, en dos grupos de 5 participantes por sesión, para compartir los ajustes realizados a la UI a través del prototipo y en general, darles a conocer las soluciones que se propuso en la lista de patrones de diseño, que, de una u otra forma, fueron construidos en búsqueda de resolver los puntos de dolor identificados en sus pruebas de exploración. Dando contexto, un *focus group* o grupo focal, es una discusión moderada que generalmente involucra de 5 a 10 participantes, y la cual es realizada con la finalidad de entender a mayor detalle lo que piensa y opina un conjunto de usuarios frente a un concepto en específico [190]. Esta es una técnica muy popular en la investigación con usuarios [191]. Esta discusión es liderada por uno o múltiples facilitadores, quienes tienen la tarea de plantear ciertas preguntas acerca de una temática y mantener una conversación fluida y coherente entre los demás participantes de la sesión. Para este caso en particular, se decidió conducir un *focus group* con la intención de recibir

toda la retroalimentación adicional posible acerca de la lista de patrones y las propuestas de rediseño del prototipo. La lista de preguntas inicialmente discutidas en las sesiones de *focus group* fueron las siguientes:

Luego de mostrar **cada** patrón y tareas prototipadas:

1. ¿Consideran que la solución brindada es útil para disminuir la distracción al conducir?
2. ¿Existe alguna sugerencia u otra forma en la que hubieran preferido resolver ese punto de dolor de la interacción?

Al finalizar la lista de patrones:

3. En general, ¿consideran que esta lista de patrones de diseño de interfaces de usuario puede ayudar a disminuir los problemas que presentaron durante su prueba de exploración?
4. ¿Se les ocurre algo adicional que deberíamos tener en cuenta para el desarrollo de una segunda versión de los patrones de diseño, con la finalidad de seguir atacando el problema de la distracción?

En la Figura 104 se observa una de las sesiones que se tuvo con 5 de los participantes de la Fase de Exploración para esta etapa de *focus group*.

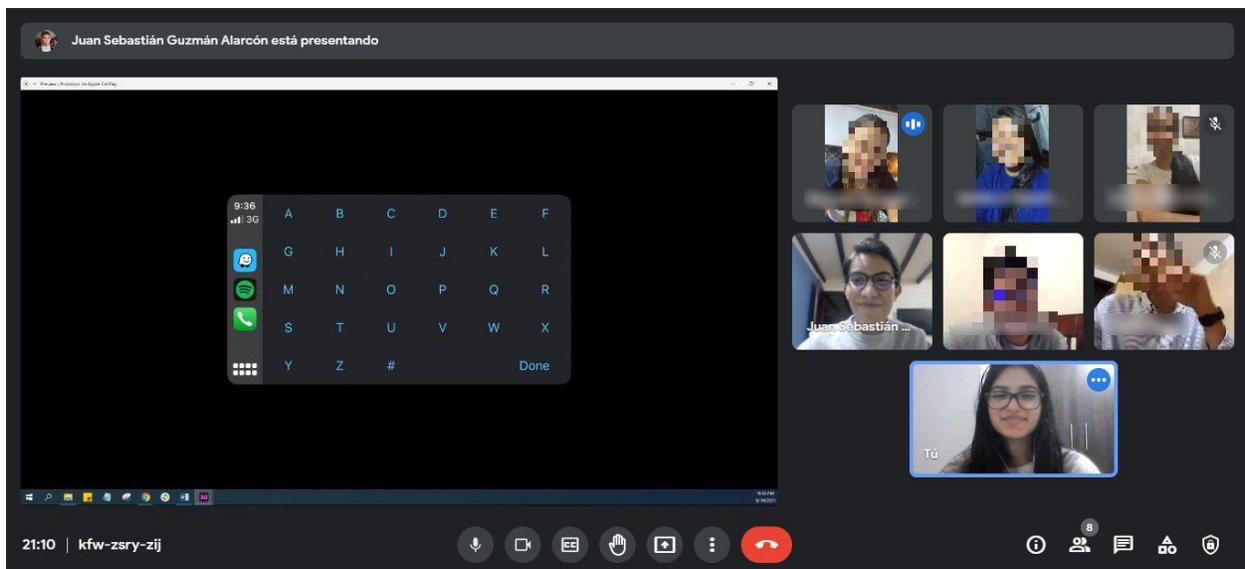


Figura 104. *Focus group* con los usuarios de la Fase de Exploración

Luego de realizar las sesiones, a nivel general, se logró obtener una retroalimentación positiva con respecto a lo útiles que pueden llegar a ser las soluciones planteadas en los patrones en búsqueda de reducir el nivel de distracción en un escenario real.

Dos de los puntos más recalcados, positivamente, por los participantes de este grupo focal, fueron los siguientes:

- El componente más útil especificado en los patrones (según los participantes), fue la inclusión del menú intermedio en el directorio de contactos, descrito en el Patrón 4, debido al ahorro de tiempo tan significativo que puede presentarse por este filtro, cuando el conductor intenta realizar una llamada. Dicho filtro, según la intervención de un par de participantes, puede adaptarse a muchas más opciones en la interfaz (e.g. selección de un contacto para la redacción de un mensaje, selección de un idioma, selección de una canción, etc.), de tal forma que, el tiempo de interacción a nivel general del sistema puede reducirse considerablemente, así sea sacrificando un sólo costo de interacción.
- De acuerdo también con los participantes, la adaptación del menú de *Configuraciones*, basada en las recomendaciones del Patrón 5, puede ser muy útil para poder seleccionar de manera más ágil el componente a modificar en el sistema. Esto gracias a dos puntos: (i) el rediseño de la selección de pestañas y (ii) la inclusión de íconos y etiquetas de texto.

Adicionalmente, los participantes de este grupo focal permitieron validar los patrones que, debido a alcance tecnológico, no fueron validados en el prototipo. La validación resultó en los dos siguientes puntos:

- Los participantes estuvieron de acuerdo de manera unánime en que la habilitación del modo táctil para poder realizar tareas sencillas y cortas en costo de interacción, independientemente de la velocidad del vehículo, puede disminuir la frustración y nivel de distracción generado por el bloqueo total de la pantalla en situaciones como contestar una llamada. Esta validación hace referencia al Patrón 6.
- Con respecto al Patrón 7, que corresponde al modo de interacción a través de comandos de voz, los participantes se mantuvieron de acuerdo con las soluciones propuestas, las cuales hacen referencia a ser muy estrictos con la respuesta del sistema cuando se manifiestan comandos por voz, pues, la gran mayoría de ellos, se demostraron inconformes con su experiencia en la Fase de Exploración.

Por otro lado, los participantes dieron a conocer oportunidades de mejora en los patrones, las cuales se describen a continuación:

- Se puede considerar utilizar instrumentos sensoriales para poder medir las métricas de evaluación de una manera más detallada y precisa.
- El patrón relacionado con los comandos por voz puede separarse a futuro en múltiples patrones, entrando en detalle con cada aspecto que se menciona en esta versión de la lista.
- Se puede considerar la interacción con los botones que existen en el volante del vehículo, para entender si existe cierto grado de mejora si el usuario no tiene que desplazar su mano hasta la pantalla táctil o la rueda de desplazamiento.

- Los patrones pueden “*informalizarse*” para que tengan una lectura mucho más sencilla en caso de que se quieran compartir con diseñadores que no se relacionen directamente con el campo de la investigación.

Consolidación de resultados

Este segundo procedimiento de la Fase de Validación, conocido como Prueba de Concepto vía Construcción de un Artefacto, sirvió para poder validar efectivamente que las soluciones de los patrones pueden ser utilizadas para poder disminuir el nivel de distracción de los conductores, bajo la reducción de los tiempos de interacción, los costos para completar la tarea y la carga de trabajo mental percibida por los conductores. Adicionalmente, la retroalimentación colectiva por parte de los usuarios tanto de la Fase de Validación como la de Exploración, complementaron el estudio, dando a conocer unos resultados positivos sobre los aspectos considerados en los patrones y las soluciones que fueron implementadas en el rediseño de las interfaces. Por último, también se dieron a conocer puntos importantes a considerar para una segunda versión de los patrones, la cual será desarrollada con base en los aspectos ya estudiados en este trabajo de grado y las sugerencias a futuro tanto de expertos como de usuarios.

Capítulo 6

6. Conclusiones y Trabajo Futuro

En este capítulo se presentan las principales conclusiones del proyecto y propuestas de trabajo futuro que se obtuvieron durante el desarrollo de la investigación.

Contenido

- 6.1. Conclusiones
- 6.2. Trabajo Futuro



6.1. Conclusiones

Del presente trabajo de grado se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Durante la revisión de literatura de trabajos relacionados y la identificación de brechas existentes, se logró resaltar la poca documentación encontrada acerca de lineamientos, directrices, recomendaciones, principios y patrones para el diseño de interfaces de usuario de sistemas *infotainment* en los vehículos para el contexto latinoamericano. No se encontraron publicaciones en las que se haya tenido en cuenta el modelo mental de conductores colombianos y la influencia que tiene la cultura sobre la percepción, actitud y preferencias de los conductores respecto a las interfaces de usuario en el vehículo.
- Se logró caracterizar el comportamiento de los usuarios y tener un primer acercamiento con la interacción de conductores colombianos frente a la ejecución de tareas secundarias en sistemas *infotainment*, cumpliendo así con el primer objetivo específico del trabajo de grado. Para ello, se planeó, se ejecutó y se analizaron los resultados de un ejercicio de exploración, en el que se lograron identificar múltiples puntos de dolor, patrones de comportamiento y buenas prácticas, que conllevaron a consolidar una fuente empírica de información, que más adelante serviría como base principal de construcción de soluciones a los problemas encontrados en esta etapa exploratoria.
- Se propuso un conjunto de 9 patrones de diseño de interfaces de usuario para los sistemas *infotainment* en los vehículos, construidos con base en la distracción del conductor al realizar tareas secundarias en dichos sistemas. Estos patrones, presentan soluciones de diseño respecto a necesidades del conductor y requerimientos en la interfaz de usuario, tratando áreas que incluyen el contenido, modo de interacción, estilo, atajos y notificaciones en los sistemas. El objetivo principal de los patrones es ayudar a disminuir el tiempo neto de interacción, costo de interacción y carga de trabajo mental percibida por los conductores al realizar tareas secundarias en los sistemas *infotainment*, y así poder contribuir en la disminución de la distracción del conductor. Con la propuesta de este conjunto de patrones de diseño se logró completar el segundo objetivo específico del trabajo de grado.
- El conjunto de patrones de diseño fue validado por un panel de expertos, compuesto por investigadores latinoamericanos en el área de interacción humano-computador, con amplia experiencia en el diseño y evaluación de interfaces de usuario, diseño UX y diseño de interacción. Los expertos ayudaron a determinar que los patrones de diseño desarrollados cumplen satisfactoriamente con tres criterios principales: (i) están soportados por teorías y principios robustos, (ii) son lógicamente coherentes, congruentes con la realidad de estudio y adecuados al propósito para el cual fueron diseñados, y (iii) aportan algo nuevo y no es solo una duplicación de un modelo ya existente. Por otro lado, se realizó una segunda validación con usuarios, en la que, a partir de la construcción de un prototipo diseñado con base en las soluciones de los patrones, se validaron múltiples elementos propuestos en el trabajo de grado, comparando las métricas de evaluación

(i.e. tiempo neto de interacción, costo de interacción y carga de trabajo mental) del prototipo con aquellas obtenidas en la Fase de Exploración, y efectivamente encontrando una disminución de su interferencia en la conducción y por ende, una reducción en la distracción generada hacia los conductores. Estas dos etapas de validación permitieron cumplir con los dos últimos objetivos específicos del trabajo de grado.

- Con la reducción del nivel de distracción mencionado en el anterior punto, se logró dar respuesta a la pregunta de investigación planteada en el trabajo de grado, la cual hace referencia a *¿cómo disminuir el nivel de distracción del conductor generado por el sistema infotainment de un vehículo a partir del diseño de sus interfaces de usuario?*, que, de manera concreta, puede responderse de la siguiente forma:

Implementando los atributos descritos en el conjunto propuesto de patrones de diseño en las interfaces de usuario de los sistemas *infotainment*, se puede lograr una disminución en el tiempo y costo de interacción durante la ejecución de una tarea secundaria, así como en la carga de trabajo mental percibida por el usuario para completarla, lo que conlleva a disminuir el nivel de distracción generado por el sistema.

6.2. Trabajo Futuro

Gracias al resultado obtenido en el presente trabajo de grado, se tiene una primera versión de un conjunto de patrones de diseño de interfaces de usuario que va a poder ser complementada de manera incremental e iterativa, incluyendo cada vez más diferentes aspectos y elementos estudiados en la línea de investigación de interacción humano-computador. Asimismo, va a poder ser utilizada como una fuente de información y punto comparativo para los diferentes trabajos relacionados que se estén desarrollando en la región, y que así mismo como en este caso, busquen entender más a fondo la interacción que tienen usuarios de Latinoamérica con los sistemas *infotainment*. Algunos puntos en concreto que se espera poder realizar a corto, mediano y largo plazo, son los siguientes:

- Incluir en el estudio las posibles limitaciones físicas que pueden presentar los conductores, expandiendo los patrones a temas de accesibilidad.
- Considerar otros componentes importantes que pueden afectar la experiencia con el sistema *infotainment*, como lo son las emociones, el cansancio, el sueño, etc.
- Estudiar nuevas tecnologías emergentes en la línea de investigación de sistemas *infotainment*, como lo son los canales multimodales de interacción (e.g. el uso del dispositivo móvil como control).
- Desarrollar una prueba de exploración con usuarios de otros países en Latinoamérica, que lamentablemente por la situación de emergencia sanitaria actual que se presenta por la pandemia del COVID-19, no se pudo realizar para este trabajo de grado. Esto, con la finalidad seguir contribuyendo a la línea de investigación en sistemas *infotainment* en la región, que como se mencionó anteriormente, cuenta con poca documentación

relacionada a esta temática en comparación a otros lugares en el mundo. Para este punto, se espera poder generar colaboraciones con otras universidades latinoamericanas.

- Desarrollar un trabajo en conjunto con la Universidad Autónoma de Zacatecas en México, en el que se puedan estudiar a fondo los videos obtenidos durante la Fase de Exploración y la Fase de Validación, mediante el uso de procesamiento de imágenes y otras técnicas de *Machine Learning*, para entender más a fondo el comportamiento de los usuarios.

Destacados

Cabe mencionar que, durante el desarrollo del trabajo de grado, se lograron compartir resultados preliminares en el Primer *Workshop* en Sistemas *Infotainment* y Sistemas Inteligentes (1WoSI²) realizado en Popayán, Colombia, y en el Segundo *Workshop* en Sistemas *Infotainment* y Sistemas Inteligentes (2WoSI²) realizado en Arequipa, Perú [192], donde se recibieron retroalimentaciones positivas y oportunidades de colaboración con demás investigadores en otros países.

Asimismo, se logró publicar un artículo en paralelo, en el que se hizo una revisión de literatura acerca de la experiencia del conductor en el vehículo, y la importancia que tiene comenzar a acuñar el término *Driver eXperience* (DX), el cual también fue definido y acompañado de los factores que se deben tener en cuenta para su estudio desde la perspectiva de los investigadores. Este artículo está publicado en la Revista Colombiana de Computación Vol. 21 Núm. 2 (2020), y es titulado *Driver eXperience (DX): Una aproximación a la interacción en el vehículo* [193].

Además, un artículo que consolida los resultados preliminares de la Fase de Exploración de este trabajo de grado, titulado *Preliminary Study to Characterize Driver's Behavior When Interacting with Infotainment Systems*, fue aceptado para ser publicado en *Communications in Computer and Information Science* (CCIS) de Springer [194]. Por otro lado, otro trabajo desarrollado en paralelo, titulado *Evaluation and Redesign Proposal of an Infotainment System: A Case Study with a Parked Vehicle*, fue aceptado para ser presentado en el 15 Congreso Colombiano de Computación [195] y se espera sea publicado en la próxima versión de la Revista Colombiana de Computación o en Springer, en caso de ser seleccionado durante el congreso.

Finalmente, el artículo que expone los principales aportes del trabajo de grado desarrollado fue enviado para ser considerado en la revista *Interacting with Computers* (IwC) de Oxford Academic [196].

Anexos

A continuación, se presenta la lista de los diferentes anexos citados en esta investigación:

- ANEXO A** Formato de Consentimiento Informado de la Fase de Exploración.
Enlace: [Anexo A.](#)
- ANEXO B** Formato de Autorización de Grabación.
Enlace: [Anexo B.](#)
- ANEXO C** Formato de observación de la Fase de Exploración.
Enlace: [Anexo C.](#)
- ANEXO D** Formato del DALI.
Enlace: [Anexo D.](#)
- ANEXO E** Resultados del DALI de la Fase de Exploración.
Enlace: [Anexo E.](#)
- ANEXO F** Grafos de interacción de la Fase de Exploración.
Enlace: [Anexo F.](#)
- ANEXO G** Patrones de Diseño de Interfaces de Usuario para Sistemas Infotainment Basados en la Distracción del Conductor.
Enlace: [Anexo G.](#)
- ANEXO H** *User Interface Design Patterns for Infotainment Systems Based on Driver Distraction.*
Enlace: [Anexo H.](#)
- ANEXO I** Formato de Consentimiento Informado de la Fase de Validación.
Enlace: [Anexo I.](#)
- ANEXO J** Formato de observación de la Fase de Validación.
Enlace: [Anexo J.](#)
- ANEXO K** Resultados del DALI de la Fase de Validación.
Enlace: [Anexo K.](#)
- ANEXO L** Grafos de interacción de la Fase de Validación.
Enlace: [Anexo L.](#)

Referencias

- [1] E. Krasova, "Characteristics of global automotive industry as a sector with high levels of production internationalization", *amazonia*, vol. 7, no. 16, pp. 84-93, Oct. 2018.
- [2] S. A. Uchil y R. Yazdanifard, "The Growth of the Automobile Industry: Toyota's Dominance in United States", *Journal of Research in Marketing*, vol. 3, no. 2, p. 265, 2014, doi: 10.17722/jorm.v3i2.86.
- [3] A. Gaffar y S. M. Kouchak, "Minimalist design: An optimized solution for intelligent interactive infotainment systems", *Intelligent Systems Conference (IntelliSys)*, 2017, pp. 553-557, doi: 10.1109/IntelliSys.2017.8324349.
- [4] A. Perri, D. Silvestri, y F. Zirpoli, "Technology Evolution in the Global Automotive Industry: A Patent-Based Analysis", *SSRN Electronic Journal*, 2019, doi: 10.2139/ssrn.3471786.
- [5] G. Meixner y C. Müller, "Retrospective and Future Automotive Infotainment Systems—100 Years of User Interface Evolution. Human–Computer Interaction", *Automotive User Interfaces, 1st ed. Springer*, 2017, pp. 3-53, doi:10.1007/978-3-319-49448-7_1.
- [6] S. R. Garzon, "Intelligent In-Car-Infotainment Systems: A Contextual Personalized Approach", *Eighth International Conference on Intelligent Environments*, Guanajuato, 2012. pp. 315-318, doi: 10.1109/IE.2012.70.
- [7] M. A. Perez, "Safety Implications of Infotainment System Use in Naturalistic Driving", vol. 41, no. Supplement 1, 2012, pp.4200-4204, doi: 10.3233/WOR-2012-0122-4200
- [8] Marqual IT Solutions, "Global In-Vehicle Infotainment Market By Installation Type By Form By Vehicle Type By Component By Region, Industry Analysis and Forecast, 2019 - 2025", 2020. [En línea]. Disponible en: https://www.reportlinker.com/p05885917/Global-In-Vehicle-Infotainment-Market-By-Installation-Type-By-Form-By-Vehicle-Type-By-Component-By-Region-Industry-Analysis-and-Forecast.html?utm_source=GNW#backAction=2
- [9] K. Rohit, "What's driving in-vehicle infotainment systems?". [En línea]. Disponible en: <https://www.electronicsspecifier.com/products/artificial-intelligence/what-s-driving-in-vehicle-infotainment-systems>
- [10] M. Gupte y P. Askhedkar, "An Innovative Wireless Design for a Car Infotainment System", *Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 2018, doi: 10.1109/iccons.2018.8663132.
- [11] G. Broccia, "Model-based analysis of driver distraction by infotainment systems in automotive domain", *Proceedings of the ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems*, 2017, doi: 10.1145/3102113.3102152.
- [12] R. Rammanth, N. Kinnear, S. Chowdhury y T. Hyatt, "Interacting with Android Auto and Apple CarPlay when driving: The effect on driver performance", *IAM roadSmart*, 2020, p. 55
- [13] M. K. Shokoufeh y A. Gaffar, "Using Artificial Intelligence to Automatically Customize Modern Car Infotainment Systems", *Conference Proceedings of the 18th Int'l Conference on Artificial Intelligence (ICAI'16: July 2016, USA)*, 2018, pp. 151-156
- [14] World Health Organization, "Road safety - Road traffic injuries". [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/westernpacific/health-topics/road-safety>
- [15] World Health Organization, "The top 10 causes of death", Dic. 9, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

- [16] World Health Organization, "country_grouping_2016.pdf". [En línea]. Disponible en: https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/country_grouping_2016.pdf
- [17] World Health Organization, "Estimated number of road traffic deaths". [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/estimated-number-of-road-traffic-deaths>
- [18] World Health Organization, "Estimated road traffic death rate (per 100 000 population)". [En línea]. Disponible en: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/estimated-road-traffic-death-rate-\(per-100-000-population\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/estimated-road-traffic-death-rate-(per-100-000-population))
- [19] World Health Organization, "World Health Statistics Overview 2019: Monitoring Health for the SDG's". [En línea]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311696/WHO-DAD-2019.1-eng.pdf>
- [20] Organización Mundial de la Salud, "Seguridad peatonal: Manual de seguridad vial para instancias decisorias y profesionales". [En línea]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/128043>
- [21] World Health Organization, "Road traffic injuries", Jun. 21, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- [22] RoSPA, "Driver distraction". [En línea]. Disponible en: <https://www.rospa.com/road-safety/advice/drivers/driver-distraction>
- [23] World Highways, "French road safety issues", Ago. 10, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.worldhighways.com/wh12/news/french-road-safety-issues>
- [24] Dirección General de Tráfico, "Las distracciones al volante se cobran la vida de más de 300 personas cada año", *Ministerio del Interior de España*. [En línea]. Disponible en: https://www.dgt.es/es/prensa/notas-de-prensa/2020/Las_distracciones_al_volante_se_cobran_la_vida_de_mas_de_300_personas_cada_ano.shtml
- [25] NHTSA, "Distracted Driving", *United States Department of Transportation*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nhtsa.gov/risky-driving/distracted-driving>
- [26] Insurance Information Institute, "Facts + Statistics: Distracted driving". [En línea]. Disponible en: <https://www.iii.org/fact-statistic/facts-statistics-distracted-driving>
- [27] Canadian Automobile Association, "Distracted Driving Statistics". [En línea]. Disponible en: <https://www.caa.ca/driving-safely/distracted-driving/statistics/>
- [28] ScienceDirect, "Driver Distraction - an overview | ScienceDirect Topics". [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/driver-distraction>
- [29] M. A. Regan y C. Hallett, "Chapter 20 - Driver Distraction: Definition, Mechanisms, Effects, and Mitigation", en *Handbook of Traffic Psychology*, B. E. Porter, Ed. San Diego: Academic Press, 2011, pp. 275-286. doi: 10.1016/B978-0-12-381984-0.10020-7.
- [30] D. L. Strayer, J. M. Watson, y F. A. Drews, "Chapter two - Cognitive Distraction While Multitasking in the Automobile", en *Psychology of Learning and Motivation*, vol. 54, B. H. Ross, Ed. Academic Press, 2011, pp. 29-58. doi: 10.1016/B978-0-12-385527-5.00002-4.
- [31] R. Ivers, M. Stevenson, R. Norton, y J. Yu, "Road Traffic Injuries", en *International Encyclopedia of Public Health*, H. K. (Kris) Heggenhougen, Ed. Oxford: Academic Press, 2008, pp. 615-623. doi: 10.1016/B978-012373960-5.00057-5.
- [32] B. H. Kantowitz y J. M. Sullivan, "Transportation Systems, Overview", en *Encyclopedia of Applied Psychology*, C. D. Spielberger, Ed. New York: Elsevier, 2004, pp. 597-603. doi: 10.1016/B0-12-657410-3/00410-4.

- [33] M. A. Regan, C. Hallett y C. P. Gordon, "Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy", *French Institute of Science and Technology for Transport, Development and Networks (IFSTTAR) and Alcohol Advisory of New Zealand*, 2011. doi: 10.1016/j.aap.2011.04.008
- [34] P. Green, "Driver distraction, telematics design, and workload managers: Safety issues and solutions", *SAE Paper Number. 21-22*, University of Michigan Transportation Research Institute, 2004.
- [35] World Health Organization y NHTSA (U.S.), "Mobile phone use: a growing problem of driver distraction". [En línea]. Disponible en: https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/distracted_driving_en.pdf
- [36] D. L. Strayer, J. M. Cooper, R. M. Goethe, M. M. McCarty, D. Getty y F. Biondi, "Visual and Cognitive Demands of Using In-Vehicle Infotainment Systems", Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City, 2017.
- [37] Mary Alexander & Associates, "Could Infotainment Systems Cause Fewer Distracted Driving Crashes?", nov. 20, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://maryalexanderlaw.com/blog/infotainment-system-causing-distracted-driving-crashes/>
- [38] Power Legal Group, "Car Infotainment Systems Are Killing Us! (Distracted Driving)", nov. 03, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.powerlegallgroup.com/car-infotainment-systems-distracted-driving/>
- [39] AAA Exchange, "Distracted Driving: Visual and Mental Distractions Behind the Wheel Are Real and Potentially Dangerous". [En línea]. Disponible en: <https://exchange.aaa.com/safety/distracted-driving/>
- [40] AAA Exchange, "Distracted Driving - AAA Center for Driving Safety and Technology". [En línea]. Disponible en: <https://exchange.aaa.com/safety/distracted-driving/aaa-center-for-driving-safety-and-technology/>
- [41] S. Monjezi Kouchak y A. Gaffar, "Driver Distraction Detection Using Deep Neural Network", Arizona State University, Phoenix, 2019. doi: 10.1007/978-3-030-37599-7_2.
- [42] Publications Office of the European Union, "Commission Recommendation of 26 May 2008 on safe and efficient in-vehicle information and communication systems: update of the European Statement of Principles on human machine interface", dic. 2013. [En línea]. Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f38d533a-33ff-4a96-b5dc-3ee4a591cba6/language-en/format-PDF/source-search>
- [43] JAMA, "Guideline for In-vehicle Display Systems - Version 3.0", p. 15, ago. 18, 2004. [En línea]. Disponible en: http://www.jama-english.jp/release/release/2005/In-vehicle_Display_GuidelineVer3.pdf
- [44] NHTSA, "Human factors design guidance for driver-vehicle interfaces", p. 260, dic. 2016. [En línea]. Disponible en: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/documents/812360_humanfactorsdesignguidance.pdf
- [45] J. Hedland, H. Simpson y D. Mayhew, "International Conference on Distracted Driving: Summary of Proceedings and Recommendations", *Traffic Injury Research Foundation*, Oct. 2005. [En línea]. Disponible en: <http://www.distracteddriving.ca/english/documents/ENGLISHDDProceedingsandRecommendations.pdf>
- [46] N. Dragutinovic y D. Twisk, "Use of mobile phones while driving: effects on road safety", *SWOV Institute for Road Safety Research*, Leidschendam, Netherlands. [En línea]. Disponible en: <http://www.swov.nl/rapport/r-2005-12.pdf>
- [47] Meriam Webster, "Definition of PAIN POINT". [En línea]. Disponible en: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/pain+point>
- [48] M. Mora, "Descripción del Método de Investigación Conceptual", *Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 2003.

- [49] A. Seffah, "Patterns of HCI Design and HCI Design of Patterns: Bridging HCI Design and Model-Driven Software Engineering", *Springer International Publishing*, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-15687-3.
- [50] W. Perdomo Charry, C. Vanegas, y C. Zapata-Jaramillo, "Software Engineering: Methods, Modelling, and Teaching", 2017.
- [51] S. Berrocal Gonzalo, M. Redondo García, y E. Campos Domínguez, "Una aproximación al estudio del infoentretenimiento en Internet: origen, desarrollo y perspectivas futuras", *adComunica*, n.º 4, pp. 63-79, 2012, doi: 10.6035/2174-0992.2012.4.5.
- [52] S. Cenizo, "2022 Toyota Corolla Sedan: Review, Trims, Specs, Price, New Interior Features, Exterior Design, and Specifications", *CarBuzz*. [En línea]. Disponible en: <https://carbuzz.com/cars/toyota/corolla>
- [53] S. Greengard, "Automotive systems get smarter", *Commun. ACM*, vol. 58, n.º 10, pp. 18-20, sep. 2015, doi: 10.1145/2811286.
- [54] A. Saxena, "In-Vehicle Infotainment System - Everything You Need to Know About", ago. 17, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.einfochips.com/blog/everything-you-need-to-know-about-in-vehicle-infotainment-system/>
- [55] D. Saha, A. Mandal, y S. Pal, "User Interface Design Issues for Easy and Efficient Human Computer Interaction: An Explanatory Approach", *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, vol. 3, pp. 127-135, ene. 2015.
- [56] R. C. Guntupalli, "User Interface Design – Methods and Qualities of a Good User Interface Design", M.S. thesis, University West, Sweden, 2008.
- [57] L. Alegsa, "Definición de GUI (Interfaz Gráfica de Usuario)", 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.alegsa.com.ar/Dic/gui.php>
- [58] K. I. Manktelow y M. C. Chung, "Psychology of Reasoning: Theoretical and Historical Perspectives", *Psychology Press*, 2004.
- [59] A. Cantú, "Qué son: Modelos Mentales", nov. 22, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://blog.acantu.com/que-son-modelos-mentales/>
- [60] J. Nielsen, "Mental Models and User Experience Design", *Nielsen Norman Group*, oct. 17, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/mental-models/>
- [61] The World Bank, "Thinking with mental models", en *World Development Report 2015: Mind, Society, and Behavior*, 2014, pp. 62-75. doi: 10.1596/978-1-4648-0342-0_ch3.
- [62] K. Ehrlich y A. Henderson, "Conceptual models | ACM Interactions". [En línea]. Disponible en: <https://interactions.acm.org/archive/view/january-2002/conceptual-models1>
- [63] J. Johnson y A. Henderson, "Conceptual models: begin by designing what to design", *Interactions*, vol. 9, pp. 25-32, ene. 2002, doi: 10.1145/503355.503366.
- [64] Y. H. Montero y S. Ortega, "Informe APEI sobre usabilidad". [En línea]. Disponible en: http://www.nosolousabilidad.com/manual/2_3.htm
- [65] A. Brajdic, "Understanding mental and conceptual models in product design", *Medium*, may 12, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://uxdesign.cc/understanding-mental-and-conceptual-models-in-product-design-7d69de3cae26>
- [66] J. Soler-Adillon, "Principios de diseño de interacción para sistemas interactivos", ene. 2012.

- [67] J. Bosley, "Creating a Short Usability Metric for User Experience (UMUX) Scale", *Interacting with Computers*, vol. 25, pp. 317-319, jun. 2013, doi: 10.1093/iwc/iwt007.
- [68] E. L.-C. Law, P. van Schaik, y V. Roto, "Attitudes towards user experience (UX) measurement", *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 72, n.º 6, pp. 526-541, jun. 2014, doi: 10.1016/j.ijhcs.2013.09.006.
- [69] L. Alben, "Quality of experience: defining the criteria for effective interaction design", *interactions*, vol. 3, n.º 3, pp. 11-15, may 1996, doi: 10.1145/235008.235010.
- [70] M. Hassenzahl y N. Tractinsky, "User experience - A research agenda", *Behaviour and Information Technology*, vol. 25, pp. 91-97, mar. 2006, doi: 10.1080/01449290500330331.
- [71] D. Norman y J. Nielsen, "The Definition of User Experience (UX)", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>
- [72] J. Ross, "The Business Value of User Experience", *Infragistics*, 2014. [En línea]. Disponible en: https://www.infragistics.com/media/335732/the_business_value_of_user_experience-3.pdf
- [73] E. Karapanos, J. Zimmerman, J. Forlizzi, y J. Martens, "User experience over time: An initial framework", ene. 2009, pp. 729-738. doi: 10.1145/1518701.1518814.
- [74] M. Tscheligi, "User Experience Design for Vehicles", *AutomotiveUI '12: International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, Portsmouth, NH, USA.
- [75] The Interaction Design Foundation, "Key Question in User Experience Design – Usability vs Desirability". [En línea]. Disponible en: <https://www.interaction-design.org/literature/article/key-question-in-user-experience-design-usability-vs-desirability>
- [76] Workana, "Experiencia de usuario: ¿Qué es y qué hace un Diseñador UX?", dic. 26, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://i.workana.com/glosario/experiencia-de-usuario/>
- [77] The Interaction Design Foundation, "An Introduction to Usability". [En línea]. Disponible en: <https://www.interaction-design.org/literature/article/an-introduction-to-usability>
- [78] The Interaction Design Foundation, "What is Usability?". [En línea]. Disponible en: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/usability>
- [79] J. Nielsen, "Usability 101: Introduction to Usability", *Nielsen Norman Group*, ene. 3, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- [80] Workana, "Experiencia de usuario: ¿Qué es y qué hace un Diseñador UX?", dic. 26, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://i.workana.com/glosario/experiencia-de-usuario>
- [81] P. Taylor, "Designing a Functional Beauty with UX", *Medium*, jun. 08, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://parhtaylor.medium.com/designing-a-functional-beauty-with-ux-c437daa39bae>
- [82] Interaction Design Foundation, "Context of Use". [En línea]. Disponible en: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-glossary-of-human-computer-interaction/context-of-use>
- [83] M. Maguire, "Context of Use within usability activities", *International Journal of Human-Computer Studies*, 2001, doi: 10.1006/ijhc.2001.0486.
- [84] M. Chamorro-Koc, "Experience, context-of-use and the design of product usability", PhD thesis, Queensland University of Technology, 2007. [En línea]. Disponible en: <https://eprints.qut.edu.au/16360/>
- [85] McMaster University, "Contexts for HCI - Computing and Software Wiki". [En línea]. Disponible en: http://wiki.cas.mcmaster.ca/index.php/Contexts_for_HCI

- [86] European Road Safety Observatory, "Driver Distraction – Summary". [En línea]. Disponible en: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/default/files/pdf/ersosynthesis2018-driverdistraction-summary.pdf
- [87] M. A. Regan, J. D. Lee, y K. Young, "Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation", *CRC Press*, 2008.
- [88] I. D. Pons y R. F. Puig, "Revisión del concepto de carga mental: evaluación, consecuencias y proceso de normalización", *Anuario de Psicología/The UB Journal of Psychology*, pp. 521-546, ene. 2004, doi: 10.1344/%x.
- [89] P. Ceballos-Vásquez, G. Rolo-González, E. Hernández-Fernaud, D. Díaz-Cabrera, T. Paravic-Klijn, y M. Burgos-Moreno, "Psychosocial factors and mental workload: a reality perceived by nurses in intensive care units", *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, vol. 23, n.º 2, pp. 315-322, abr. 2015, doi: 10.1590/0104-1169.0044.2557.
- [90] I. de Arquer, "NTP 534: Carga mental de trabajo: factores", *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. [En línea]. Disponible en: https://www.cso.go.cr/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insht/NTP%20534%20-%20Carga%20mental%20de%20trabajo%20factores.pdf
- [91] S. G. Hart y L. E. Staveland, "Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research", en *Advances in Psychology*, vol. 52, Elsevier, 1988, pp. 139-183. doi: 10.1016/S0166-4115(08)62386-9.
- [92] G. Johannsen, "Mental Workload: Its Theory and Measurement", *Springer Science & Business Media*, 2013.
- [93] A. Dix, "Human-computer interaction", 3rd ed. Harlow, England; New York: Pearson/Prentice-Hall, 2004.
- [94] C. Alexander, "The Timeless Way of Building", *Oxford University Press*, 1979.
- [95] European Union, "European Commission", jun. 16, 2016. [En línea]. Disponible en: https://europa.eu/european-union/about-eu/institutions-bodies/european-commission_en
- [96] JAMA, "Japan Automobile Manufacturers Association, Inc". [En línea]. Disponible en: <http://www.jama-english.jp/about/intro.html>
- [97] Automotive Fleet, "Alliance Of Automobile Manufacturers". [En línea]. Disponible en: <https://www.automotive-fleet.com/encyclopedia/alliance-of-automobile-manufacturers>
- [98] NHTSA, "About NHTSA", *United States Department of Transportation*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nhtsa.gov/about-nhtsa>
- [99] Alliance, "Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver-Interactions with Advanced in-Vehicle Information and Communication Systems", Jun. 26, 2006. [En línea]. Disponible en: <https://www.autosinnovate.org/index.cfm?objectid=D6819130-B985-11E1-9E4C000C296BA163>
- [100] NHTSA, "Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices", *Federal Register*, Sep. 16, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.federalregister.gov/documents/2014/09/16/2014-21991/visual-manual-nhtsa-driver-distraction-guidelines-for-in-vehicle-electronic-devices>
- [101] NHTSA, "Visual-Manual Driver Distraction Guidelines for Portable and Aftermarket Devices", *Federal Register*, Dic. 05, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.regulations.gov/document/NHTSA-2013-0137-0059>
- [102] R. Young y J. Zhang, "Safe Interaction for Drivers: A Review of Driver Distraction Guidelines and Design Implications", *SAE Technical Paper 2015-01-1384*, 2015, doi:10.4271/2015-01-1384

- [103] A. Mirnig *et al.*, "Automotive User Experience Design Patterns: An Approach and Pattern Examples", *International Journal On Advances in Intelligent Systems*, vol. 9, p. 275 to 286, dic. 2016.
- [104] D. L. Strayer, J. M. Cooper, R. M. Goethe, M. M. McCarty, D. J. Getty, y F. Biondi, "Assessing the visual and cognitive demands of in-vehicle information systems", *Cogn Res Princ Implic*, vol. 4, p. 18, jun. 2019, doi: 10.1186/s41235-019-0166-3.
- [105] D. Strayer *et al.*, "Visual and Cognitive Demands of CarPlay, Android Auto, and Five Native Infotainment Systems", *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, vol. 61, p. 001872081983657, abr. 2019, doi: 10.1177/0018720819836575.
- [106] B.-H. Chen, wei-chih Yeh, y W.-H. Tsai, "Eliminating Driving Distractions: Human-Computer Interaction with Built-In Applications", *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. PP, pp. 1-1, feb. 2017, doi: 10.1109/MVT.2016.2625331.
- [107] G. Cohen-Lazry y A. Borowsky, "Improving Drivers' Hazard Perception and Performance Using a Less Visually-Demanding Interface", *Frontiers in Psychology*, vol. 11, p. 2216, 2020, doi: 10.3389/fpsyg.2020.02216.
- [108] "What is User Centered Design?", *The Interaction Design Foundation*. [En línea]. Disponible en: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centered-design>
- [109] AHRQ, "Usability Evaluation", *Digital Healthcare Research: Informing Improvement in Care Quality, Safety, and Efficiency*. [En línea]. Disponible en: <https://digital.ahrq.gov/health-it-tools-and-resources/evaluation-resources/workflow-assessment-health-it-toolkit/all-workflow-tools/usability-evaluation>
- [110] A. G. Lopes, "USING RESEARCH METHODS IN HUMAN COMPUTER INTERACTION TO DESIGN TECHNOLOGY FOR RESILIENCE", *JISTEM J.Inf.Syst. Technol. Manag.*, vol. 13, pp. 363-388, dic. 2016, doi: 10.4301/S1807-17752016000300001.
- [111] Google, "Formularios de Google: crea y analiza encuestas de forma gratuita". [En línea]. Disponible en: https://www.google.com/intl/es-419_co/forms/about/
- [112] E. J. Westlake y L. N. Boyle, "Perceptions of driver distraction among teenage drivers", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 15, n.º 6, pp. 644-653, nov. 2012, doi: 10.1016/j.trf.2012.06.004.
- [113] H. Luna-Garcia *et al.*, "Front-End Design Guidelines for Infotainment Systems", *DYNA NEW TECHNOLOGIES*, vol. 5, p. [9 p.]-[9 p.], ene. 2018, doi: 10.6036/NT8655.
- [114] AAA Foundation, "Visual and Cognitive Demands of Using Apple CarPlay, Google's Android Auto and Five Different OEM Infotainment Systems", jun. 27, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://aaaafoundation.org/visual-cognitive-demands-apples-carplay-googles-android-auto-oem-infotainment-systems/>
- [115] Mazda, "Mazda Connect: Operar la pantalla táctil". [En línea]. Disponible en: <https://infotainment.mazdahandsfree.com/howto-touchscreen?language=es-NA>
- [116] K. Young, M. Regan y M. Hammer, "Driver distraction: a review of the literature", *Accident Research Centre*. [En línea]. Disponible en: <https://www.monash.edu/muarc/archive/our-publications/reports/muarc206>
- [117] Alianza ANDI-FENALCO, "Informe del sector automotor de la Andi a noviembre 2020". [En línea]. Disponible en: <https://imgcdn.larepublica.co/cms/2020/12/01183044/Informe-del-sector-automotor-de-la-Andi.pdf>

- [118] AAA Newsroom, "New Vehicle Infotainment Systems Create Increased Distractions Behind the Wheel", oct. 05, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://newsroom.aaa.com/2017/10/new-vehicle-infotainment-systems-create-increased-distractions-behind-wheel/>
- [119] AHRQ, "NASA Task Load Index", *Digital Healthcare Research: Informing Improvement in Care Quality, Safety, and Efficiency*. [En línea]. Disponible en: <https://digital.ahrq.gov/health-it-tools-and-resources/evaluation-resources/workflow-assessment-health-it-toolkit/all-workflow-tools/nasa-task-load-index>
- [120] AHRQ, "Hierarchical Task Analysis", *Digital Healthcare Research: Informing Improvement in Care Quality, Safety, and Efficiency*. [En línea]. Disponible en: <https://digital.ahrq.gov/health-it-tools-and-resources/evaluation-resources/workflow-assessment-health-it-toolkit/all-workflow-tools/hierarchical-task-analysis>
- [121] Emprende A Conciencia, "Ficha de Persona". [En línea]. Disponible en: <https://www.emprendeaconciencia.com/ficha-persona>
- [122] Design Thinking, "Método Persona - Herramientas Design Thinking en Español". [En línea]. Disponible en: <https://www.designthinking.services/herramientas-design-thinking/metodo-persona/>
- [123] "User profiles: Personas technique", *Curso de Interacción Persona-Ordenador*. [En línea]. Disponible en: <https://mpiua.invid.udl.cat/perfil-de-usuario-tecnica-personas/>
- [124] J. Nielsen, "Why You Only Need to Test with 5 Users", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>
- [125] J. Nielsen y T. K. Landauer, "A mathematical model of the finding of usability problems", en *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, may 1993, pp. 206-213. doi: 10.1145/169059.169166.
- [126] J. Nielsen, "Quantitative Studies: How Many Users to Test?", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/quantitative-studies-how-many-users/>
- [127] T. Lansdown, N. Brook-Carter, y T. Kersloot, "Distraction from multiple in-vehicle secondary tasks: Vehicle performance and mental workload implications", *Ergonomics*, vol. 47, pp. 91-104, feb. 2004, doi: 10.1080/00140130310001629775.
- [128] W. W. Wierwille, "Demands on driver resources associated with introducing advanced technology into the vehicle", *ScienceDirect*. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0968090X9390010D>
- [129] P. Atchley, "You Can't Multitask, So Stop Trying", *Harvard Business Review*, dic. 21, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://hbr.org/2010/12/you-cant-multi-task-so-stop-tr>
- [130] R. Budiu, "Interaction cost: Definition", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/interaction-cost-definition/>
- [131] P. Laubheimer, "Distracted Driving: UX's Responsibility to Do No Harm", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/distracted-driving-ux/>
- [132] N. Diah, M. Ismail, S. Ahmad, y M. Dahari, "Usability testing for educational computer game using observation method", abr. 2010, pp. 157-161. doi: 10.1109/INFRKM.2010.5466926.
- [133] J. Nielsen, "Thinking Aloud: The #1 Usability Tool", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/thinking-aloud-the-1-usability-tool/>
- [134] M. de Luna, "Protocolo del Pensamiento Manifestado". [En línea]. Disponible en: <http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/test/Thinking.htm>

- [135] A. Pauzie, "A method to assess the driver mental workload: the Driving Activity Load Index (DALI)", *IET Intelligent Transport Systems*, vol. Vol 2, pp. 315-322, ene. 2008.
- [136] Usability Home, "Usability Testing: Retrospective Testing". [En línea]. Disponible en: <http://www.usabilityhome.com/Retrospe.htm>
- [137] J. J. Cañas y J. R. Galo, "Distribución normal". [En línea]. Disponible en: https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/EstadisticaProbabilidadInferencia/DistribucionNormal/2LaDistribucionNormal.html
- [138] A. Krischkowsky, D. Wurhofer, N. Perterer, y M. Tscheligi, "Developing Patterns Step-by-Step", p. 7, 2013.
- [139] M. van Welie, "Welie.com - Patterns in Interaction Design". [En línea]. Disponible en: <http://www.welie.com/index.php>
- [140] A. Toxboe, "UI-Patterns.com - User Interface Design Pattern Library". [En línea]. Disponible en: <http://ui-patterns.com/>
- [141] J. Tidwell, "Designing Interfaces: Patterns for Effective Interaction Design", *O'Reilly Media*, Inc., 2010.
- [142] M. Obrist, D. Wurhofer, E. Beck, M. Tscheligi, y C. Doppler, "CUX Patterns Approach: Towards Contextual User Experience Patterns", 2010. [En línea]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/CUX-Patterns-Approach%3A-Towards-Contextual-User-Obrist-Wurhofer/5e3a151997d8c469cbfe81a213f48a3188115231>
- [143] S. Gibbons, "Three Levels of Pain Points in Customer Experience", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/pain-points/>
- [144] M. Treseler, "Designing with best practices, principles, and interaction patterns", *O'Reilly Radar*. [En línea]. Disponible en: <http://radar.oreilly.com/2015/06/designing-with-best-practices-principles-and-interaction-patterns.html>
- [145] Kelly Mazda, "What is mazda connect™ and how does it work?", 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.kellymazda.com/blog/instructions-on-how-to-use-the-mazda-connect-infotainment-system/>
- [146] A. Harley, "Icon Usability", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/icon-usability/>
- [147] A. Harley, "Usability Testing of Icons", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/icon-testing/>
- [148] J. M. Silvennoinen, T. Kujala, y J. P. P. Jokinen, "Semantic distance as a critical factor in icon design for in-car infotainment systems", *Applied Ergonomics*, vol. 65, pp. 369-381, Nov. 2017, Doi: 10.1016/j.apergo.2017.07.014.
- [149] Z. Shen, C. Xue, y H. Wang, "Effects of Users' Familiarity with the Objects Depicted in Icons on the Cognitive Performance of Icon Identification", *i-Perception*, vol. 9, n.º 3, p. 2041669518780807, abr. 2018, Doi: 10.1177/2041669518780807.
- [150] H. Huang y H.-H. Lai, "Factors influencing the usability of icons in the LCD touchscreen", *Displays*, vol. 29, n.º 4, pp. 339-344, oct. 2008, Doi: 10.1016/j.displa.2007.10.003.
- [151] S. J. Isherwood, S. J. P. McDougall, y M. B. Curry, "Icon Identification in Context: The Changing Role of Icon Characteristics with User Experience", *Hum Factors*, vol. 49, n.º 3, pp. 465-476, jun. 2007, Doi: 10.1518/001872007X200102.
- [152] C. Gatsou, A. Politis, y Z. Dimitrios, "The importance of mobile interface icons on user interaction", *International Journal of Computer Science and Applications*, vol. 9, pp. 92-107, Ene. 2012.

- [153] C. J. KACMAR y J. M. CAREY, "Assessing the usability of icons in user interfaces", *Behaviour & Information Technology*, vol. 10, n.º 6, pp. 443-457, Nov. 1991, Doi: 10.1080/01449299108924303.
- [154] Q. Salcedo y L. Gallardo, "Modelo semiológico para diseñar y evaluar íconos de aplicaciones móviles (SM2Mobile)", *Avances en Interacción Humano-Computadora*. [En línea]. Disponible en: <http://publicaciones.amexihc.org/index.php/aih/article/view/4>
- [155] Mazda, "Operar el botón comandante y los botones". [En línea]. Disponible en: <https://infotainment.mazdahandsfree.com/howto-commanderknob?language=es-NA>
- [156] F. Feng, Y. Liu, y Y. Chen, "Effects of Quantity and Size of Buttons of In-Vehicle Touch Screen on Drivers' Eye Glance Behavior", *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 34, n.º 12, pp. 1105-1118, Dic. 2018, Doi: 10.1080/10447318.2017.1415688.
- [157] M. Augstein, E. Herder, y W. Würndl, "Personalized Human-Computer Interaction", 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783110552485/html>
- [158] A. Schade, "Customization vs. Personalization in the User Experience", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/customization-personalization/>
- [159] S. L. T. Hui y S. L. See, "Enhancing User Experience Through Customisation of UI Design", *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp. 1932-1937, Ene. 2015, Doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.237.
- [160] P. Laubheimer, "Flexibility and Efficiency of Use: The 7th Usability Heuristic Explained", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/flexibility-efficiency-heuristic/>
- [161] Apple, "iOS - CarPlay". [En línea]. Disponible en: <https://www.apple.com/es/ios/carplay/>
- [162] W. Xueying y Z. Bingjian, "Research on APP Icon Based on Logo Design", en *Recent Trends in Intelligent Computing, Communication and Devices*, Singapore, 2020, pp. 1059-1076. Doi: 10.1007/978-981-13-9406-5_125.
- [163] M. Soegaard, "Consistency: MORE than what you think", *The Interaction Design Foundation*. [En línea]. Disponible en: <https://www.interaction-design.org/literature/article/consistency-more-than-what-you-think>
- [164] K. Larson y M. Czerwinski, "Web page design: implications of memory, structure and scent for information retrieval", en *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, USA, Ene. 1998, pp. 25-32. Doi: 10.1145/274644.274649.
- [165] T. K. Landauer y D. W. Nachbar, "Selection from alphabetic and numeric menu trees using a touch screen: breadth, depth, and width", en *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, abr. 1985, pp. 73-78. Doi: 10.1145/317456.317470.
- [166] G. Miller, "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information", *The Psychological Review*, 63:81-97. [En línea]. Disponible en: <http://www.musanim.com/miller1956/>
- [167] G. E. Burnett, G. Lawson, R. Donkor, y Y. Kuriyagawa, "Menu hierarchies for in-vehicle user-interfaces: Modelling the depth vs. breadth trade-off", *Displays*, vol. 34, n.º 4, pp. 241-249, oct. 2013, Doi: 10.1016/j.displa.2013.07.001.
- [168] E. Gran, "Information Architecture in Vehicle Infotainment Displays", Arizona State University, May. 2018
- [169] M. Feld, S. Momtazi, F. Freigang et. al, "Mobile Texting: Can Post-ASR Correction Solve the Issues? An Experimental Study on Gain vs. Costs", *International Conference on Intelligent User Interfaces*, Proceedings IUI. Doi: 10.1145/2166966.2166974.

- [170] R. and Markets, "Global Consumer Automobile Entertainment Market (2020 to 2025) - Manufacturer vs. Third-party Connected Vehicle Infotainment Apps". [En línea]. Disponible en: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-consumer-automobile-entertainment-market-2020-to-2025---manufacturer-vs-third-party-connected-vehicle-infotainment-apps-301099377.html>
- [171] B. Eriksson, J. Groth, y A. Sabelfeld, "On the Road with Third-party Apps: Security Analysis of an In-vehicle App Platform", en *Proceedings of the 5th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems*, Heraklion, Crete, Greece, 2019, pp. 64-75. Doi: 10.5220/0007678200640075.
- [172] B. Eriksson, J. Groth, "On the road with third-party apps: Security, safety and privacy aspects of in-vehicle apps". [En línea]. Disponible en: <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/255949/255949.pdf>
- [173] T. Jung, C. Kaß, D. Zapf, y H. Hecht, "Effectiveness and user acceptance of infotainment-lockouts: A driving simulator study", *Transportation Research Part F Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 60, pp. 643-656, Dic. 2018, Doi: 10.1016/j.trf.2018.12.001.
- [174] C.-C. Chang, "Assessing Cognitive Workload of In-Vehicle Voice Control Systems", Thesis, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://digital.lib.washington.edu/443/researchworks/handle/1773/38159>
- [175] B. Mehler, D. Kidd, B. Reimer, I. Reagan, J. Dobres, y A. McCartt, "Multi-Modal Assessment of On-Road Demand of Voice and Manual Phone Calling and Voice Navigation Entry across Two Embedded Vehicle Systems", *Ergonomics*, vol. 59, mar. 2015, Doi: 10.1080/00140139.2015.1081412.
- [176] K. Whinton, "Voice Interaction UX: Brave New World...Same Old Story", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/voice-interaction-ux/>
- [177] K. Whinton, "Voice First: The Future of Interaction?", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/voice-first/>
- [178] F. Utesch y M. Vollrath, "Do slow computer systems impair driving safety", en *European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems, Abr. 2010*.
- [179] N. Babich, "Icons as Part of an Awesome User Experience", *Medium*, may 30, 2020. <https://uxplanet.org/icons-as-part-of-an-awesome-user-experience-e468e16b206b>
- [180] A. Harley, "Yes, Icons Need Text Labels (Video)", *Nielsen Norman Group*. [En línea]. Disponible en: <https://www.nngroup.com/videos/icon-text-labels/>
- [181] Apple Support, "Change settings in CarPlay", [En línea]. Disponible en: <https://support.apple.com/guide/iphone/change-settings-in-carplay-iph6ade13329/ios>
- [182] A. Guillaume, L. Pellieux, V. Chastres, y C. Drake, "Judging the Urgency of Nonvocal Auditory Warning Signals: Perceptual and Cognitive Processes", *Journal of experimental psychology. Applied*, vol. 9, pp. 196-212, Sep. 2003, Doi: 10.1037/1076-898X.9.3.196.
- [183] J. P. Bliss y S. A. Acton, "Alarm mistrust in automobiles: how collision alarm reliability affects driving", *Applied Ergonomics*, vol. 34, n.º 6, pp. 499-509, Nov. 2003, Doi: 10.1016/j.apergo.2003.07.003.
- [184] J. Edworthy y E. Hellier, "Complex Nonverbal Auditory Signals and Speech Warnings", en *Handbook of warnings*, Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2006, pp. 199-220.
- [185] Apple Support, "Stay focused while driving with iPhone". [En línea]. Disponible en: <https://support.apple.com/guide/iphone/stay-focused-while-driving-iphae754533b/ios>
- [186] Oxford Reference, "proxy variable". [En línea]. Disponible en: <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803100351624>

- [187] M. Montgomery, M. Gragnolati, K. Burke, y E. Paredes, "Measuring Living Standards with Proxy Variables", *Demography*, vol. 37, pp. 155-74, jun. 2000, doi: 10.2307/2648118.
- [188] QuestionPro, "Escala de Likert: Qué es y cómo utilizarla en tus encuestas", ago. 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-escala-de-likert-y-como-utilizarla/>
- [189] Adobe, "Adobe XD: Herramienta rápida y potente de diseño y colaboración de experiencias e interfaces de usuario". [En línea]. Disponible en: <https://www.adobe.com/la/products/xd.html>
- [190] A. S. for P. Affairs, "Focus Groups", *Usability.gov*, jun. 30, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/focus-groups.html>
- [191] The Interaction Design Foundation, "How to Conduct Focus Groups". [En línea]. Disponible en: <https://www.interaction-design.org/literature/article/how-to-conduct-focus-groups>
- [192] H. Luna, "Segundo Workshop en Sistemas Infotainment y Sistemas Inteligentes", *HCI Collab*. [En línea]. Disponible en: <https://hci-collab.com/2020/02/07/segundo-workshop-en-sistemas-infotainment-y-sistemas-inteligentes/>
- [193] J. S. Guzmán, I. Toledo, H. Luna-García, y C. A. Collazos, "Driver eXperience (DX): Una aproximación a la interacción en el vehículo", *Revista Colombiana de Computación*, vol. 21, n.º 2, Art. n.º 2, dic. 2020, doi: 10.29375/25392115.4036.
- [194] *Communications in Computer and Information Science*. [En línea]. Disponible en: <http://www.springer.com/series/7899>
- [195] Red RENATA, "15 Congreso Colombiano de Computación". [En línea]. Disponible en: <https://www.renata.edu.co/15-congreso-colombiano-de-computacion/>
- [196] Oxford Academic, "Interacting with Computers", *OUP Academic*. [En línea]. Disponible en: <https://academic.oup.com/iwc>