

DISEÑO DE INTERFAZ PARA SISTEMAS DE CONTROL USADOS AL CONDUCIR

Titulación por tesis y examen profesional

Tesis Profesional, que para obtener el Título de Diseñador Industrial, presenta:

Luis Donaldo Preciado Navarro

Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes.

Con la dirección de Vanessa Sattelle Gunther,
y la asesoría de Enrique Ricalde Gamboa y Ana Paula García y Colomé.

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Arquitectura

Centro de Investigaciones de Diseño Industrial

Ciudad de México

2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



DISEÑO DE INTERFAZ

PARA SISTEMAS DE CONTROL USADOS AL CONducIR



Luis Donaldo Preciado Navarro

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

EP01 Certificado de aprobación de
impresión de Tesis.

Coordinación de Exámenes Profesionales
Facultad de Arquitectura, UNAM
PRESENTE

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE PRECIADO NAVARRO LUIS DONALDO No. DE CUENTA 413006828

NOMBRE TESIS DISEÑO DE INTERFAZ PARA SISTEMAS DE CONTROL USADOS AL CONDUCIR

OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS Y EXAMEN PROFESIONAL

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de LA TESIS, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día a las horas.

Para obtener el título de DISEÑADOR INDUSTRIAL

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F. a 30 de mayo de 2018

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE M.D.I. VANESSA SATTELE GUNTHER	<i>Vanessa Sattelle</i>
VOCAL M.D.I. ENRIQUE RICALDE GAMBOA	<i>Enrique Ricalde</i>
SECRETARIO D.I. ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ GONGORA	<i>Ana Paula Garcia</i>
PRIMER SUPLENTE D.I. ROBERTO GONZÁLEZ TORRES	<i>Roberto Gonzalez</i>
SEGUNDO SUPLENTE M.D.I. GUSTAVO VICTOR CASILLAS LAVÍN	<i>Gustavo Victor Casillas</i>

ARQ. MARCOS MAZARI HIRIART
Vo. Bo. del Director de la Facultad

Este documento es la traducción del proyecto de tesis original presentado en la Universidad de Skövde para obtener el título de Ingeniero en diseño de producto, realizado durante el periodo de movilidad de primavera 2017. El proyecto se realizó en colaboración con Victor Azamfirei, estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial y desarrollo de producto de la Universidad de Málaga, España. La publicación original puede ser consultada en el portal de la Universidad de Skövde, referenciada en este documento.

Síntesis del proyecto

Este proyecto se inició como parte del curso de proyecto final para obtener el título de Ingeniero en Diseño de Producto en la Universidad de Skövde, Suecia. El curso requería de un proyecto teórico o práctico relacionado con el programa de Ingeniería en Diseño de Producto. Para lo cual contacté a varias empresas y estudios de diseño para solicitar proyectos de tesis, seleccionando el proyecto de la empresa Uniti Sweden AB que se enfocaba en el desarrollo de la interfaz de los sistemas operados por conductor para el vehículo Uniti EV (*Electric Vehicle*).



Este proyecto se realizó en colaboración con Victor Azamfir ei, estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial y desarrollo del producto de la Universidad de Málaga. Con la asesoría de Ari Kolbeinsson y de Pamela Ruiz por parte de la Universidad de Skövde, Bo Johansson y Anton Franzén por parte de Uniti Sweden AB. Así mismo este proyecto fue asesorado por Vanessa Sattelle Gunther, Enrique Ricalde Gamboa y Ana Paula García y Colomé por parte del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial de la UNAM, México.

Uniti se ha puesto la meta de reinventar el concepto de los vehículos eléctricos a través de la introducción del Uniti EV (*Electric Vehicle*). Dentro de los objetivos de la introducción del vehículo está la mejora de la experiencia de manejo. El objetivo de este proyecto es diseñar la interfaz para los sistemas de control utilizados al conducir el Uniti EV.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una revisión de literatura para entender los principios básicos de usabilidad y su relación con la experiencia de usuario.

Para lograr entender completamente la función de cada control, la interfaz tradicional del vehículo fue analizada. Las legislaciones aplicables para controles operados por conductor fueron estudiadas para asegurar la factibilidad de la nueva interfaz. Con base en la información recolectada, se generaron y evaluaron conceptos a través de pruebas de usabilidad. La iteración final provee al usuario de elementos significativos que puede entender y relacionar, aumentando la usabilidad de la interfaz y experiencia de usuario.

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 UNITI SWEDEN AB	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.4 PROCESO DE DISEÑO	5
2. ANTECEDENTES	7
2.1 UNITI EV	8
2.2 STEER-BY-WIRE	9
2.3 ESQUEMA GENERAL DE LA INTERFAZ	9
2.4 HUMAN CENTERED DESIGN	10
2.4.1 ERGONOMÍA	11
2.4.1.1 ERGONOMÍA FÍSICA	11
2.4.1.2 ERGONOMÍA COGNITIVA	12
2.5 INTERFAZ DE USUARIO/EXPERIENCIA DEL USUARIO	13
2.5.1 INTERFAZ DE USUARIO	13
2.5.2 EXPERIENCIA DEL USUARIO	14
2.5.2 EXPERIENCIA DE USUARIO FUTURISTA	15
2.6 LEGISLACIONES	16
3. ESTUDIOS PRELIMINARES	18
3.1 MAPA DE FUNCIONES	19
3.2 FOCUS GROUP CON MIEMBROS DE LA EMPRESA	21
3.3 TASK ANALYSIS	21
3.4 MAPA DE POSICIONAMIENTO DE SISTEMAS DE CONTROL	22
3.5 VALIDACIÓN PARA EL POSICIONAMIENTO	23
3.6 TASK ANALYSIS DE INTERFACES ACTUALES	25
3.7 REFERENCIAS VISUALES	25
4. ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO	29
5. GENERACIÓN DE CONCEPTOS	32
5.1 GENERACIÓN DE IDEAS	32
5.2 MATRIZ MORFOLÓGICA	33
5.3 CONCEPTO UNO	35
5.3.1 CONCEPTO DOS	38
5.3.2 CONCEPTO TRES	41
5.4 EVALUACIÓN DE CONCEPTO	42

5.4.1 PRIMER PRUEBA DE USUARIO	42
5.4.2 SEGUNDA PRUEBA DE USUARIO	45
5.4.3 TERCERA PRUEBA DE USUARIO	47
5.4.4 PHYSICAL FITTING TRIAL	49
5.4.5 CUARTA PRUEBA DE USUARIO	52
5.5 VALIDACIÓN DE INTERFAZ	54

6. DISEÑO FINAL	58
6.1 DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ	58
6.1.1 ESQUEMA GENERAL	58
6.1.2 CAMBIO DE MARCHA	60
6.1.3 LUCES INTERMITENTES	62
6.1.4 LUCES DIRECCIONALES	63
6.1.5 CONTROLES DE AUDIO	65
6.1.6 LIMPIAPARABRISAS	66
6.1.7 CONTROL DE CRUCERO	67
6.1.8 CAMBIO DE LUCES	68
6.1.9 CLAXON	69
6.2 COMPONENTES	70
6.2.1 RESISTENCIA DE MATERIALES	72
6.2.2 IMPLICACIONES AMBIENTALES	74

7. CONCLUSIÓN	75
----------------------	----

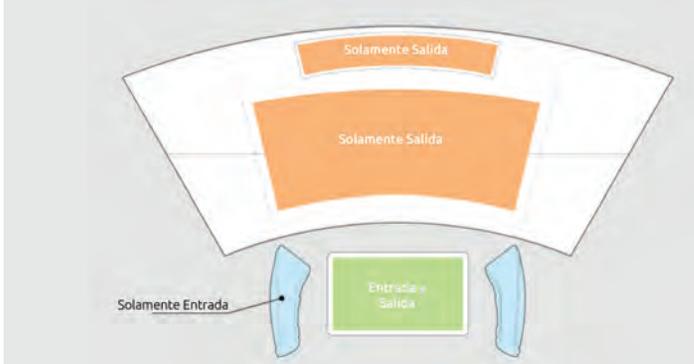
8. DISCUSIÓN	77
---------------------	----

9. DESARROLLO POSTERIOR	80
--------------------------------	----

REFERENCIAS	81
--------------------	----

GLOSARIO

APÉNDICES



Introducción

Los automóviles han hecho un gran impacto en la sociedad desde su creación, dándole forma a la infraestructura y a la movilidad. Si bien esto representó progreso como resultado de ser una solución adecuada para la movilidad, tiene implicaciones ambientales. Dichas implicaciones están relacionadas a su fabricación, uso y desecho.

El uso de automóviles genera 27% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (EPA, 2017). El desecho de los automóviles al final de su ciclo de vida implica que alrededor del 25% de sus componentes sean considerados desperdicio y generalmente van a parar a vertederos (Kanari, Pineau & Shallari, 2003).

Esto establece un reto para la creación de nuevos vehículos que busquen facilitar la movilidad pero que al mismo tiempo consideren el impacto ambiental.

En este sentido, los vehículos eléctricos proveen una solución para este complejo problema. Sin embargo, cambiar los motores impulsados por gasolina tradicionales a un motor eléctrico implica el remplazo de sistemas mecánicos por sistemas eléctricos. Esto genera cambios en la construcción de los vehículos que permiten replantear su diseño.

Reemplazar las conexiones mecánicas por conexiones eléctricas brinda oportunidades de *occupant packaging* (paquete de usuario) y de manufactura (Walker, Stanton & Salmon, 2015). Por lo tanto, estos nuevos sistemas adoptados generan la flexibilidad para la ubicación de los elementos dentro de la Interfaz Humano Máquina (IHM) del vehículo.

Este proyecto parte de un nuevo diseño para la interfaz de un vehículo eléctrico en el cual la interfaz de los controles operados por el conductor necesita ser definida, considerando los aspectos cognitivos y físicos de usabilidad para mejorar la experiencia de usuario (UX).

1.1 Uniti Sweden AB

Uniti Sweden AB comenzó como un proyecto de innovación en la Universidad de Lund. Desde enero de 2016 es una empresa que decidió utilizar *crowdfunding* (fondeo colectivo) para financiar sus operaciones y la tecnología desarrollada es de código abierto.

Uniti se ha puesto como objetivo reinventar el concepto de vehículo eléctrico completamente, mediante la creación un vehículo premium de rango corto para ciudades. El vehículo es de dos asientos en tándem, diseñado con un enfoque en sostenibilidad y en brindar una experiencia de usuario futurista.

El Proyecto “Diseño de Interfaz para sistemas de control usados al conducir” fue desarrollado en la Universidad de Skövde en colaboración con la empresa Uniti Sweden AB cuyas oficinas están ubicadas en Lund, Suecia. Aquí es donde diseñan y desarrollan su primer prototipo para poder lanzar su primer vehículo en 2020, el Uniti EV.

1.2 Planteamiento del problema

Las nuevas tecnologías, que son clave para el desarrollo del Uniti EV, incluyen un sistema de visualización *heads-up* (HUD) y un sistema de *steer-by-wire* (SBW).

La inclusión de estas tecnologías resultó en una nueva interfaz desarrollada por Uniti AB para el Uniti EV, ver figura 1. Esta interfaz difiere sustancialmente de la interfaz tradicional encontrada en la mayoría de los vehículos. Por lo tanto, un nuevo diseño para los sistemas de control operados por el conductor es necesario.

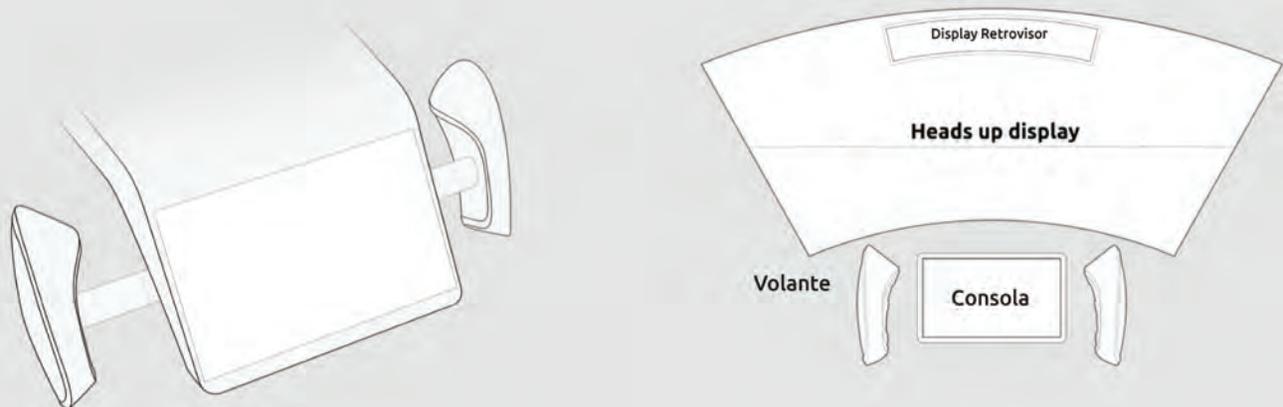


Figura 1. Esquema general de la interfaz desarrollada por Uniti AB (Uniti AB, 2016).

1.3 Objetivos

La finalidad del Proyecto “Diseño de interfaz para sistemas operados por conductor” es generar una solución basada en un producto que integre las diferentes entradas y salidas de información relacionadas al uso de los sistemas de control mientras se conduce.

Dentro del enfoque del proyecto se encuentra brindar un diseño ergonómicamente adecuado para cada sistema de control al considerar los aspectos cognitivos y físicos de los humanos para así poder mejorar la experiencia de usuario.

Es esencial que el proyecto cumpla los requerimientos funcionales de cada sistema de control pero al mismo tiempo se consideren las regulaciones y legislaciones al igual que la factibilidad tecnológica; sin olvidar las metas de la empresa de proveer una experiencia de usuario futurista.

Un aspecto importante a considerar es proveer una interacción integrada con el vehículo al tomar ventaja de los elementos de interacción disponibles en el HUD y la consola central.

Para el desarrollo exitoso del proyecto, los siguientes objetivos fueron considerados:

- Comparar la literatura relevante sobre diseño de interfaz de usuario/experiencia de usuario con los deseos del usuario y los requerimientos establecidos por la empresa
- Investigar las legislaciones aplicables para el vehículo L7e-C, ver descripción en el apartado 2.1
- Investigar los elementos relacionados con una “experiencia de usuario futurista”
- Desarrollo de un análisis de tareas para todos los sistemas de control
- Evaluar los conceptos generados a través de pruebas de usuario
- Analizar las interfaces existentes para sistemas de control
- Evaluación ergonómica mediante la realización de *Physical Fitting Trials* (Prueba de ajuste físico)
- Validar el diseño final a través de pruebas de usuario
- Generar un análisis de sostenibilidad de los elementos diseñados
- Crear ilustraciones 2D de los diferentes elementos del concepto final, al igual que renderización de los objetos en 3D que ayudarán en la visualización final del producto
- Construir un prototipo de presentación del diseño final

1.4 Proceso de diseño

El desarrollo de un proyecto de diseño requiere de una metodología apropiada que brinde estructura y proporcione orientación a lo largo del proceso. La estructura de la metodología debe ser flexible para permitir la mejora de los objetivos establecidos en cada una de las etapas del proceso (Cross, 2008). La primera etapa del proceso se centra en la adquisición de información para definir el problema. Esto permite la generación de un conjunto de especificaciones que deben ser cubiertas mediante el diseño para poder solucionar el problema. Los problemas de diseño son ampliamente reconocidos como problemas mal definidos. Normalmente es posible dar algunos pasos hacia la mejora de la definición inicial del problema interrogando al cliente, recopilando datos y realizando investigaciones (Cross, 2008). Esta etapa incluye la revisión de literatura existente y estudios empíricos.

En este proyecto, el uso de métodos relacionados con el diseño centrado en el humano (HCD) es de gran relevancia. Ayudando a definir los objetivos y posibilitando el cumplimiento de las metas generales dentro de lo que el proyecto pretende abarcar. Los métodos del enfoque HCD que se utilizarán para el desarrollo del proyecto son: *Task analysis*, *Focus Group* (grupo de enfoque) y pruebas de usuario. Estos métodos pueden proporcionar una forma de evaluar la solución de la interfaz; mediante la inclusión de los usuarios a lo largo del proceso para validar si las soluciones son entendidas y operadas correctamente.

El método *Physical Fitting Trials* podría proporcionar una guía para posicionar los elementos mediante la inclusión de las dimensiones y opiniones de los usuarios.

Además de los métodos utilizados en el HCD, se considera el uso de lluvia de ideas como un método creativo y matriz morfológica como método de diseño racional. Los métodos creativos y racionales son aspectos complementarios de un enfoque sistemático del diseño (Cross, 2008). Las implicaciones ambientales que un diseño puede tener deberán ser consideradas al momento de diseñar. En este sentido, la inclusión de un análisis del ciclo de vida (ACV) proporciona una guía para definir algunos elementos del diseño. Este método también permite validar y comparar los resultados de las diferentes soluciones en relación con su impacto ambiental.

Los diferentes métodos de diseño se agruparon en el modelo descriptivo de las etapas del proceso de diseño (Cross, 2008), con el objetivo principal de proporcionar una estructura general a los métodos seleccionados para llevar a cabo el proyecto, ver figura 2.

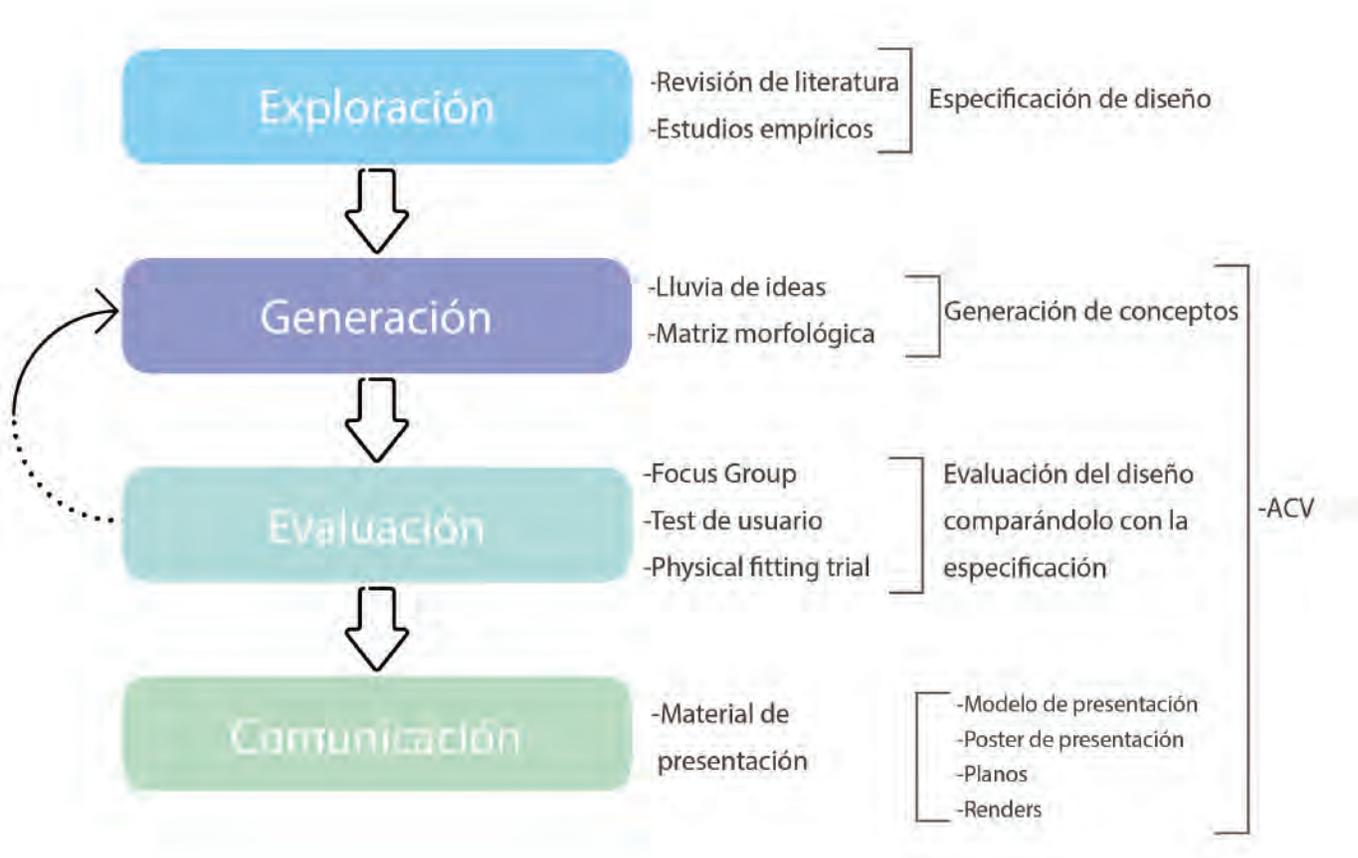


Figura 2. Proceso de Diseño.

2 Antecedentes

Para lograr diseñar la interfaz del Uniti EV para los sistemas de control operados por conductor, es importante entender la tecnología SBW y los elementos que forman parte de la interfaz del vehículo así como el concepto HCD, las definiciones básicas relacionadas con la interfaz, ergonomía cognitiva y física. Por último, este capítulo incluye una visión general de las legislaciones aplicables a los sistemas de control operados por el conductor y la experiencia futurista del usuario.

2.1 Uniti EV

El Uniti EV será un automóvil urbano para distancias cortas con dos asientos en tándem, diseñado con un enfoque en sostenibilidad y brindar una experiencia de usuario futurista, ver figura 3. Según sus especificaciones, se clasifica como un vehículo L7e-C (Reglamento (UE) de la Comisión N° 168/2013). La categoría de vehículos L7e-C significa que son cuadríciclos, que es un vehículo de cuatro ruedas. Dentro de la L7e hay tres subcategorías de los tipos de automóviles L7e: A, B y C. El Uniti EV es un tipo L7e-CP que se clasifica como un vehículo diseñado principalmente para el transporte de pasajeros.

De la misma regulación, una lista de las especificaciones principales del vehículo L7e-CP fue generada:

- Vehículo de cuatro ruedas
- La masa del CP debe ser ≤ 450 kg (Transporte de pasajeros)
- La velocidad máxima debe ser ≤ 90 km/h
- La potencia máxima continua debe ser ≤ 15 kW
- Habitáculo cerrado accesible para los pasajeros a través de tres lados máximo
- Las dimensiones en largo, ancho y alto deben ser ≤ 3700 mm, 1500 mm y 2500 mm



Figura 3. Uniti EV (Uniti AB, 2016).

2.2 Steer-by-wire

El sistema *steer-by-wire* (SBW) convierte las entradas de información del conductor en una señal que controla los servo motores eléctricos. Estos dispositivos controlados por servo motores son los que dirigen las ruedas en lugar del enlace mecánico entre el volante y las llantas (Walker, Stanton & Salmon, 2015).

La inclusión de un sistema SBW significa que se elimina el enlace mecánico entre el volante y las ruedas. El Uniti EV tendrá un sistema SBW, que también tiene un efecto positivo relacionado con el costo del vehículo. Los sistemas electrónicos SBW son completamente autónomos y no requieren bombas o mangueras externas. Esto significa que suelen ser menos costosos que la dirección hidráulica cuando se toman en cuenta el costo de la bomba, la válvula, las mangueras y los accesorios (Thomson, 2017).

Esta tecnología beneficia el control anti-derrape, aumenta la maniobrabilidad y permite que el vehículo se adapte a un rango más amplio de condiciones de la carretera. Un sistema SBW significa que el eje intermedio de dirección del vehículo es eliminado, y como consecuencia, ofrece mayor flexibilidad de *occupant packaging* en el compartimento frontal (Mitchell, Borroni-Bird & Burns, 2015). La eliminación del eje intermedio simplifica el montaje entre el cuerpo y el chasis (Mitchell, Borroni-Bird & Burns, 2015). La inclusión de un sistema SBW permite un posicionamiento óptimo desde el punto de vista ergonómico y de seguridad (Walker, Stanton & Salmon, 2015).

Sin embargo, los sistemas de control deben ser diseñados con cuidado para asegurar que el comportamiento que difiera al de los vehículos convencionales no genere ansiedad en el conductor o el funcionamiento inadecuado (OMAE et al., 2006).

2.3 Esquema General de la Interfaz

La interfaz de la dirección del Uniti EV está diseñada para ser conducida con dos controles. Para lograr esta nueva interacción, la empresa ha limitado los controles del volante para entrada de información por parte del usuario y dejando la retroalimentación de la dirección como la única salida, ver figura 4.

La consola tendrá todas las entradas y salidas no críticas en su mayoría basadas en una pantalla táctil.

El sistema de visualización *heads-up* (HUD) es una pantalla transparente que actúa en superposición al campo de visión del conductor. Provee al usuario información relevante relacionada a la conducción, mientras realiza esta tarea.

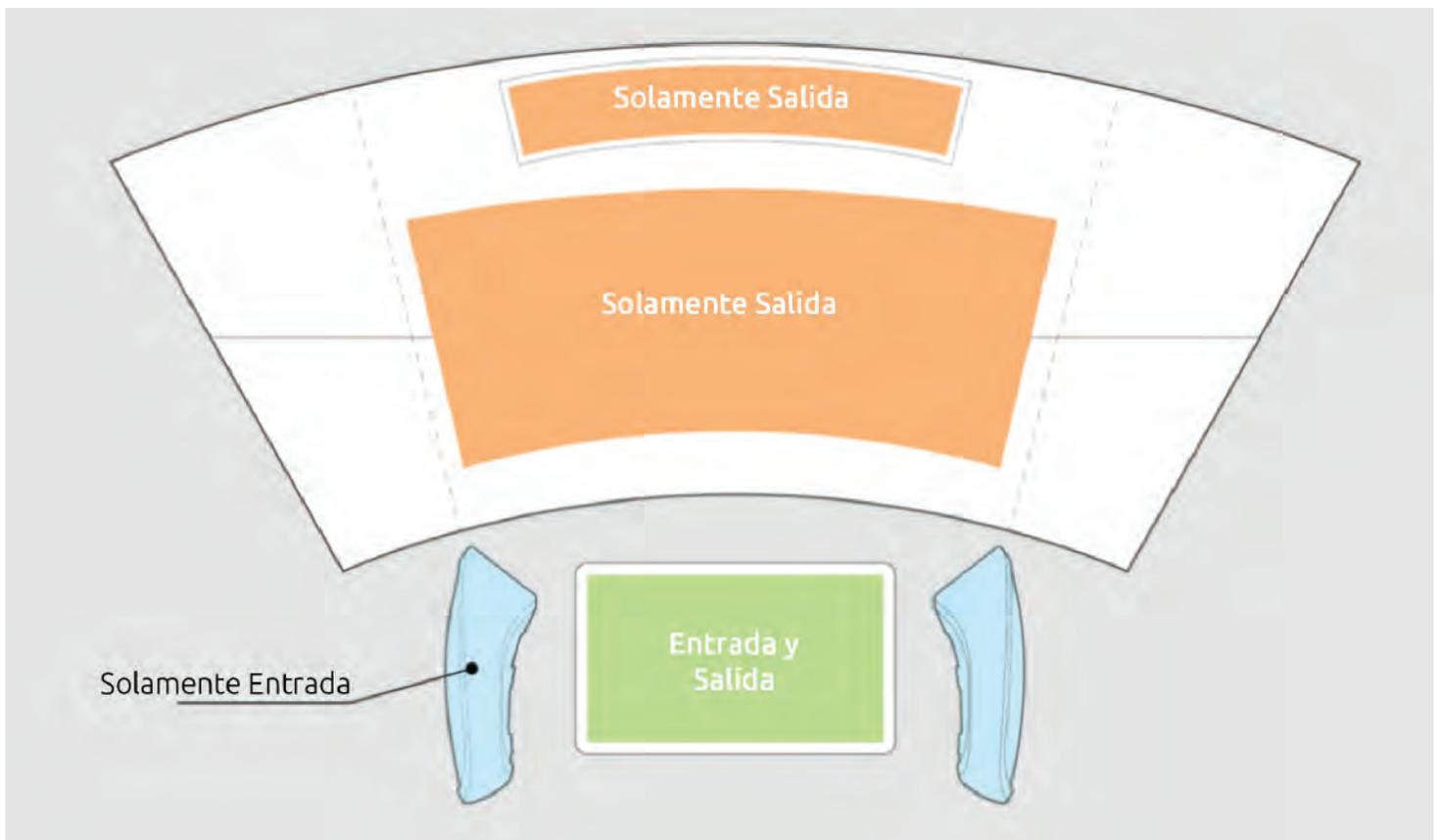


Figura 4. Elementos de la interfaz (Uniti AB, 2016).

2.4 Human Centered Design

La usabilidad es un factor importante que debe abordarse para el desarrollo de un diseño exitoso (Hartson & Pyla, 2016). En este caso, la usabilidad es clave para el desarrollo del proyecto debido a sus implicaciones directas sobre el éxito que un usuario puede tener mientras realiza una tarea dentro de la interfaz. Esto tiene un impacto positivo sobre la experiencia de uso general de la interfaz.

La usabilidad puede significar la diferencia entre querer realizar o completar una tarea de una manera exitosa sin ninguna frustración (Issa & Isaias, 2015). Además, la usabilidad tiene un papel importante en el desarrollo de la interfaz con respecto a la seguridad del usuario.

La usabilidad es a menudo una cuestión de vida o muerte, miles de muertes por año están relacionadas con los conductores que se distraen por diseños demasiado complejos (Nngroup.com, 2017).

Como resultado de la importancia de la usabilidad en el desarrollo de la interfaz, el diseño centrado en el humano (HCD) es un enfoque apropiado para el proyecto. Lograr una usabilidad adecuada dentro del diseño del sistema requiere una cuidadosa planificación de los procesos de HCD (Maguire, 2001). HCD es el proceso para asegurar que las necesidades de la gente se satisfagan, que el producto resultante sea comprensible y utilizable, que cumpla las tareas deseadas y que la experiencia de uso sea positiva y agradable (Norman, 2013).

HCD es un enfoque que pone primero las necesidades humanas, las capacidades y el comportamiento y luego diseña para acomodar esas necesidades, capacidades y maneras de comportarse (Norman, 2013).

2.4.1 Ergonomía

El diseño del vehículo no sólo debe involucrar el diseño de todos los componentes físicos que sean adaptables y funcionen bien, sino también asegurarse de que el usuario sea considerado un factor humano y que sus características se midan y utilicen en el diseño del automóvil (Bhise, 2012).

La participación de los usuarios como factor humano a lo largo del desarrollo de la interfaz podría asegurar que el vehículo satisfaga las necesidades de los usuarios relacionadas con la comodidad, la conveniencia y la seguridad (Bhise, 2012).

Por lo tanto, contemplar las características cognitivas y físicas de los usuarios a través de la inclusión de la ergonomía es un factor determinante para el logro de los objetivos del proyecto.

La inclusión de la ergonomía podría conducir a la mejora de la interacción entre los usuarios y la interfaz. El propósito de la ergonomía es permitir que un sistema de trabajo funcione mejor mejorando las interacciones entre usuarios y máquinas (Bridger, 2008).

2.4.1.1 Ergonomía Física

El objetivo de la ergonomía física es optimizar la interacción entre el cuerpo humano y su entorno (Bridger, 2008). Las soluciones para la interfaz deberán considerar los efectos físicos que tienen sobre el usuario teniendo en cuenta la accesibilidad, la comodidad y proveer de suficiente tolerancia entre la interfaz y sus usuarios. La adaptación de las dimensiones del producto y del usuario es principalmente importante por razones de seguridad, salud y usabilidad (Bridger, 2008). Por esta razón, la ergonomía física es relevante para la determinación de la colocación de los sistemas de control dentro de los elementos de la interfaz.

La inclusión de la ergonomía física podría proporcionar una guía para evaluar las mediciones a considerar para una accesibilidad adecuada de todos los sistemas de control. Cuando los diseños pueden ser evaluados en entornos virtuales, los Modelos Humanos Digitales (DHM) son adecuados para evaluar la ergonomía física. DHM se utiliza para garantizar que las consideraciones ergonómicas se tendrán en cuenta lo antes posible durante el proceso de diseño en un entorno 3D. Permite cambios de diseño cuando son fáciles de fabricar y de bajo costo (Gkikas, 2016).

Sin embargo, debido al alto nivel de complejidad de las posturas necesarias para la evaluación utilizando DHM, se decidió recurrir a *Physical Fitting trials* para el desarrollo del concepto seleccionado.

El uso de *Physical Fitting trials* es una técnica común en la evaluación de la ergonomía (Pheasant & Haslegrave, 2005). *Physical Fitting Trial* es un estudio experimental en el que una muestra de sujetos utiliza un prototipo ajustable de una estación de trabajo para hacer juicios sobre si una dimensión particular es "demasiado grande", "demasiado pequeña" o "justa" (Faisán y Haslegrave, 2005).

2.4.1.2 Ergonomía Cognitiva

Una comprensión clara de los usuarios es un elemento clave para el desarrollo de la interfaz. Sin una comprensión profunda de la gente, los diseños pueden ser defectuosos, difíciles de usar y difíciles de entender (Norman, 2013). Por lo tanto, la ergonomía cognitiva del funcionamiento del vehículo es relevante para el desarrollo de la interfaz del Uniti EV, habilitando la usabilidad mediante la generación de un diseño que puede ser entendido.

El conocimiento arbitrario puede clasificarse como el simple recuerdo de cosas que no tienen un significado o estructura (Norman, 2013). La interfaz debe evitar ser arbitraria para simplificar la tarea proporcionando una estructura significativa que pueda ser entendida por el conocimiento previo de los usuarios. La mayoría de las cosas en el mundo tienen una estructura, que simplifica enormemente la tarea (Norman, 2013). Cuando las cosas tienen sentido, corresponden al conocimiento que ya tenemos, por lo que el nuevo material puede ser entendido (Norman, 2013).

La memoria a corto plazo (MCP) se puede vincular a un almacén temporal en el que se conserva brevemente una pequeña cantidad de información mientras se realiza una operación mental o física particular (Bridger 2008). En este sentido la conducción es una tarea que requiere que las operaciones físicas y mentales se lleven a cabo mientras se recibe una retroalimentación constante del entorno, lo que puede conducir a una sobrecarga de información.

La MCP se caracteriza por ser limitada y, por lo tanto, susceptible de sobrecarga (Bridger 2008). Sin embargo, las limitaciones de la MCP se pueden mitigar usando diversos canales sensoriales, disminuyendo así la carga de trabajo mental (Norman, 2013). Para maximizar la eficiencia de la memoria de trabajo es mejor presentar información diferente sobre distintos canales: vista, sonido, tacto (háptico), audición, localización espacial y gestos (Norman, 2013).

La información recuperada para el uso de los sistemas de control proviene de la memoria a largo plazo (MLP), que está relacionada con el conocimiento que el usuario ya tiene sobre la conducción y lo utiliza durante la realización de la tarea. Este conocimiento se ha construido sobre el comportamiento de conducción, que toma tiempo para ser creado. La MLP contiene estructuras construidas a través del aprendizaje en las que se pueden incorporar nuevos datos (Bridger 2008). La información en la MLP se puede escribir en la memoria de trabajo para ser operada (Bridger 2008).

La falta de retroalimentación crea una sensación de falta de control, que puede ser inquietante (Norman, 2013). Por lo tanto, la retroalimentación es un factor importante a considerar debido a su alta relación con el rendimiento de los usuarios con respecto a las funciones de los sistemas de control. La sensación de falta de control cambia el estado emocional del usuario generando un impacto directo en el desempeño de la tarea (Norman, 2013).

Sin embargo, en un cierto nivel esto puede proporcionar enfoque mejorando así la seguridad (Norman, 2013). Un cerebro en un estado emocional negativo proporciona enfoque: precisamente lo que se necesita para mantener la atención en una tarea y terminarla. Tanto el estado positivo, relajado y el estado de ansiedad, negativa y tensa son herramientas valiosas y poderosas para la acción humana. Los extremos de ambos estados, sin embargo, pueden ser peligrosos (Norman, 2013).

2.5 Interfaz de Usuario/ Experiencia de Usuario

La interfaz de usuario (UI) se centra en seleccionar los elementos adecuados para la tarea que el usuario está tratando de lograr y organizarlos de una manera que sea fácil de entender y fácil de usar (Garrett, 2011). Por otro lado, la experiencia del usuario (UX) requiere el cumplimiento exacto de las necesidades del cliente.

La UX se centra en proporcionar productos que son una alegría de poseer y usar (Nngroup.com, 2017). En este sentido, incluso si la interfaz de usuario es perfecta, una UX deficiente se puede entregar al usuario (Nngroup.com, 2017). Esto es principalmente porque la UX es un concepto más amplio que la UI (Nngroup.com, 2017).

2.5.1 Interfaz de Usuario

La interfaz del Uniti EV es diferente en términos de hardware y por lo tanto su interacción con el usuario también lo es. De ahí la necesidad de diseñar una interfaz para los sistemas de control operados por conductor que se adapte a este nuevo esquema. Si las concepciones de los usuarios de la interfaz son compatibles con sus concepciones de la tarea, entonces la interfaz será "transparente" al usuario cuando se realice la tarea (Bridger 2008).

En este sentido, seguir las concepciones de los conductores con respecto al uso de sistemas de control podría facilitar la comprensión general de la interfaz. La interfaz debe ser coherente y seguir las normas por lo que no lleve a malentendidos (Nielsen, 2017).

Por lo tanto, los elementos que integran la interfaz deben mostrar patrones que el usuario pueda relacionar y comprender. Los psicólogos de la Gestalt afirmaron que la manera en que los estímulos están estructurados determina cómo se perciben (Bridger 2008). Identificaron una serie de leyes con las que se organizó el sistema perceptivo, estas leyes proporcionan un marco para la discusión elemental del diseño de las pantallas visuales (Bridger 2008).

Considerar las leyes de Gestalt dentro del diseño de la interfaz proporciona una forma de organizar los elementos de la interfaz en un conjunto identificable de patrones para los usuarios.

Teniendo en cuenta que la interfaz debe proporcionar constantemente retroalimentación y requiere una entrada física del usuario, un tipo de interfaz de manipulación directa podría ser el más adecuado para los sistemas de control. En interfaces de manipulación directa, los objetos y acciones de interés se muestran continuamente. Los usuarios generalmente apuntan, hacen clic o arrastran en lugar de escribir, con comentarios que indican que el cambio es inmediato (Shneiderman y Plaisant, 2005).

2.5.2 Experiencia de Usuario

Ofrecer la mejor experiencia al interactuar con los sistemas de control operados por el conductor, es una cuestión de gran importancia para Uniti AB. La interfaz considera la relación más amplia entre el producto y el usuario con el fin de investigar la experiencia personal del individuo al usarlo (McNamara & Kirakowski, 2006). Por lo tanto, la interfaz de usuario va más allá del cumplimiento de tareas, considera la usabilidad dentro del contexto. Como resultado de esto, se consideran los posibles resultados de la interacción con la interfaz. La usabilidad ocurre dentro del contexto de un uso particular por un usuario particular, el mismo diseño, pero usado en un contexto diferente podría conducir a una interfaz diferente (Hartson & Pyla, 2016).

Probar la interfaz a través de evaluaciones formativas da una idea de lo que los usuarios están experimentando al probar el producto; conociendo sus pensamientos, comportamiento y frustraciones hacia la interfaz (Rubin & Chisnell, 2008).

La evaluación formativa es principalmente diagnóstica, se trata de recolectar datos cualitativos para identificar y solucionar los problemas en la interfaz y sus causas en el diseño (Hartson & Pyla, 2016). *Think Aloud* (pensar en voz alta) es una técnica bien conocida y es utilizada para llevar a cabo evaluaciones formativas, debido a sus contribuciones a la mejora de la interfaz basada en la experiencia del usuario con ella. La técnica de *Think Aloud* es una técnica cualitativa de recolección de datos en la que los participantes de los usuarios externalizan verbalmente sus pensamientos sobre su experiencia de interacción, incluyendo sus motivos, racionales y percepciones de los problemas con la interfaz (Hartson y Pyla, 2016).

Además del proceso iterativo de probar la interfaz mediante la realización de evaluaciones formativas, el uso de pruebas sumativas proporcionará información cuantificable con respecto a la tasa de éxito de la interfaz. La evaluación sumativa se refiere a la recopilación de datos cuantitativos para evaluar un nivel de calidad de un diseño, y es especialmente para evaluar la mejoría en la UX (Hartson & Pyla, 2016). Los datos cualitativos son datos no numéricos y descriptivos, usualmente describiendo un problema de la interfaz o un problema observado o experimentado durante el uso (Hartson & Pyla, 2016).

Por otro lado, los datos cuantitativos son datos numéricos, como las métricas de rendimiento del usuario o las valoraciones de opinión (Hartson & Pyla, 2016).

Una forma de proporcionar un escenario que simula la interfaz de una manera similar a su contexto y funcionalidad es el método Mago de Oz. La técnica de prototipos del Mago de Oz es un enfoque simple para la aparición de un alto grado de interactividad y un prototipo altamente flexible (Hartson & Pyla, 2016). La técnica del Mago de Oz consiste en crear la ilusión de un sistema de trabajo, pero el sistema es controlado por un "mago" humano que realiza las acciones del sistema (Buxton, 2011).

Este método fue seleccionado considerando las implicaciones que la generación de una simulación totalmente funcional de la interfaz tendría en términos de costo y tiempo. El Mago de Oz es útil para crear prototipos de sistemas que de otro modo serían demasiado costosos de construir o que requieren aplicaciones de nuevas tecnologías (Wilson & Rosenberg, 1988).

2.5.2 Experiencia de Usuario Futurista

Dentro de los objetivos principales del Uniti AB para la definición de su interfaz de usuario es entregar una experiencia de usuario futurista. Proporcionar una experiencia futurista tiene una estrecha relación con las expectativas que la sociedad tiene sobre la tecnología que está por venir. Las expectativas tecnológicas pueden describirse más específicamente como representaciones en tiempo real de situaciones y capacidades tecnológicas futuras (Borup et al., 2006).

La tecnología ficticia vista en la ciencia ficción establece las expectativas de la audiencia para las cosas emocionantes que están por venir (Shedroff y Noessel, 2012). Por lo tanto, una revisión del material presentado en el trabajo conceptual y la ciencia ficción puede proporcionar una guía relacionada con las expectativas de la experiencia de usuario futurista en un vehículo.

Las interacciones hombre-máquina representadas en las películas de ciencia ficción tienen la posibilidad de indicar una gran sugerencia a nuestro diseño de interfaz de usuario en un futuro próximo (Iio, Iizuka y Matsubara, 2014). Una herramienta utilizada para recopilar referencias visuales sobre el diseño de la interfaz en el futuro es el uso de *Moodboards* (tableros de imágenes) que reflejan visualmente el concepto de la experiencia de usuario futurista. Los *Moodboards* son herramientas utilizadas por los diseñadores para reunir datos visualmente incongruentes para promover inspiraciones para desarrollar productos finales adecuados (Cassidy, 2011).

Proporcionan un "espacio" para organizar los elementos visuales recogidos de una manera significativa para el diseñador que permite el flujo de pensamientos, inspiraciones y creatividad para los resultados del diseño (Cassidy, 2011).

2.6 Legislaciones

Las legislaciones son importantes para el desarrollo de este proyecto, específicamente para asegurar la viabilidad mediante su aplicación en el vehículo. Se revisaron las legislaciones aplicables para encontrar las regulaciones que podrían restringir el diseño de la interfaz para los sistemas de control utilizados durante la conducción.

Dentro de los resultados de la investigación realizada sobre las legislaciones está la inclusión obligatoria del sistema eCall para el año 2018. La integración de este sistema implica la inclusión de una función que debe activarse en caso de emergencia (Reglamento delegado de la Comisión (EU) 2017 / 79). El sistema eCall no será examinado más a fondo aquí, pero tendrá que ser integrado en el Uniti EV.

Los reglamentos que se pueden ver en la tabla 1 se recuperaron del Anexo VIII. Se basa en el artículo 12 del Reglamento delegado de la Comisión (UE) n° 3/2014, que establece los requisitos aplicables a los controles operados por el conductor, incluida la identificación de los mandos, luces testigo e indicadores. Las proporciones de los símbolos también se definen en el artículo 12, véase la figura 5.

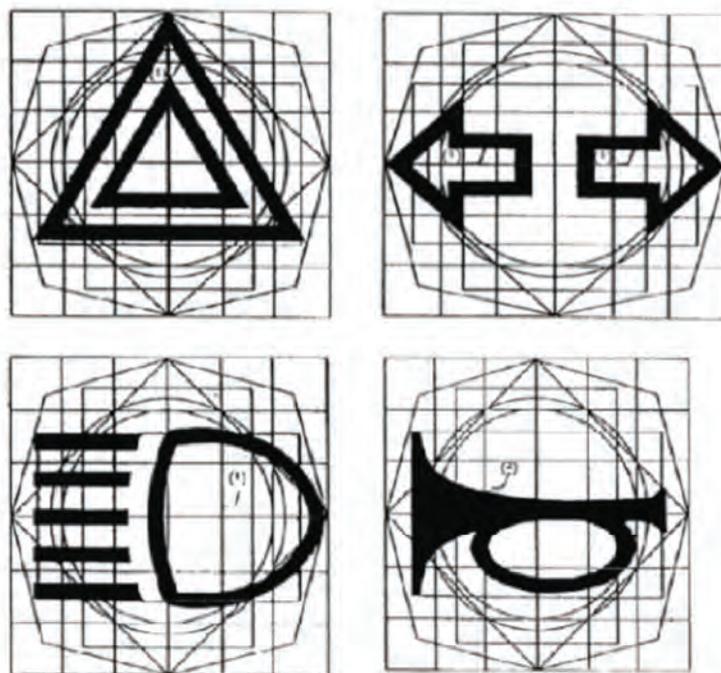


Figura 5. Proporción de símbolos.

Tabla 1. Legislaciones aplicables.

Sistema de control	Requisitos que aplican a los sistemas de control operados por conductor incluyendo la identificación de controles, luces testigo e indicadores				
Claxon	Si hay más de un símbolo en el mando, el símbolo suplementario podrá colocarse invertido, a modo de reflejo. Si el mando está situado directamente en un volante, no se aplicarán los requisitos del punto.				
Luces direccionales	Color del testigo: verde	Los símbolos se destacarán claramente del fondo	El símbolo estará situado en el mando, en el testigo del mando que representa o en sus inmediaciones. Si esto no fuera posible, el símbolo y el mando o testigo estarán unidos por un trazo continuo lo más corto posible	No se permiten desviaciones respecto de la forma de los símbolos previstos.	<p>Los colores que se indican a continuación, cuando se utilicen en los testigos ópticos, tendrán el siguiente significado:</p> <p>Rojo: peligro para las personas o daños muy graves para los equipos con carácter inmediato o inminente.</p> <p>Amarillo: fuera de los límites normales de funcionamiento, fallo del sistema del vehículo, daño probable para el vehículo u otra circunstancia que pueda acarrear un peligro a largo plazo (precaución).</p> <p>Verde: seguridad, estado de funcionamiento normal (salvo si se requiere azul o amarillo).</p>
	Si los testigos de los indicadores de dirección izquierdo y derecho están separados, las dos flechas también podrán utilizarse independientemente.				
	Deberá ser óptico, auditivo o ambos.				
	El testigo deberá ser verde y parpadear, en caso de no operar correctamente deberá mostrar un cambio en la frecuencia de parpadeo.				
Luces intermitentes	Color del testigo: rojo				
	Funcionamiento simultáneo de los testigos de los indicadores de dirección separados, siempre que estos funcionen normalmente de forma independiente.				
	Deberá ser posible que la señal opere incluso cuando el interruptor maestro ha sido desactivado y los sistemas electrónicos del vehículo se encuentren apagados.				
Control de crucero					
Limpiaparabrisas					
Controles de audio					
Cambio de marcha					

3 Estudios Preliminares

En este capítulo se plantean los elementos que integran la interfaz de un vehículo convencional y se seleccionan las funciones a desarrollar. En esta sección se incluye el análisis de tareas de las funciones seleccionadas dentro del vehículo y de interfaces no relacionadas con el vehículo. Las referencias visuales del Uniti EV en cuanto a estética general se presentan en la sección 3.7 de este capítulo.

3.1 Mapa de Funciones

La figura 6 es un mapa que tiene el propósito principal de proporcionar una visión general de los diferentes sistemas de control.

Este mapa se basa en la actual serie de sistemas de control que se pueden encontrar en vehículos comunes y se clasifican en las principales áreas de operación: panel de instrumentos, palanca de luces direccionales, control de limpiaparabrisas, volante y consola.

Los diferentes sentidos involucrados en el uso de estos sistemas de control fueron colocados en el mapa, junto a cada función como entradas y salidas. Con la finalidad de realizar un seguimiento de los canales de comunicación utilizados para interactuar con el conductor.

Todas las entradas que requieren retroalimentación háptica mientras se encuentran activas se clasificaron como parte del sentido háptico.

Para el sentido visual, se incluyen las salidas que necesitan ser reconocidas a través de la vista. Esto significa que para operar estas funciones el usuario necesita ser capaz de identificar y comprender los elementos presentados a través de la visión y recibe retroalimentación visual del sistema como una salida.

Para el sentido auditivo, las salidas deben ser reconocidas a través de la emisión de sonido del sistema para proporcionar retroalimentación al usuario y reconocimiento de voz como una entrada. Finalmente, para el sentido, la salida del movimiento del vehículo se incluye como retroalimentación al usuario. Esto se aplica particularmente al velocímetro y control de crucero, teniendo velocidad como retroalimentación. El sentido kinestésico se refiere a la conciencia de las posiciones de los miembros, los movimientos y las tensiones musculares (Tan & Pentland, 1997).

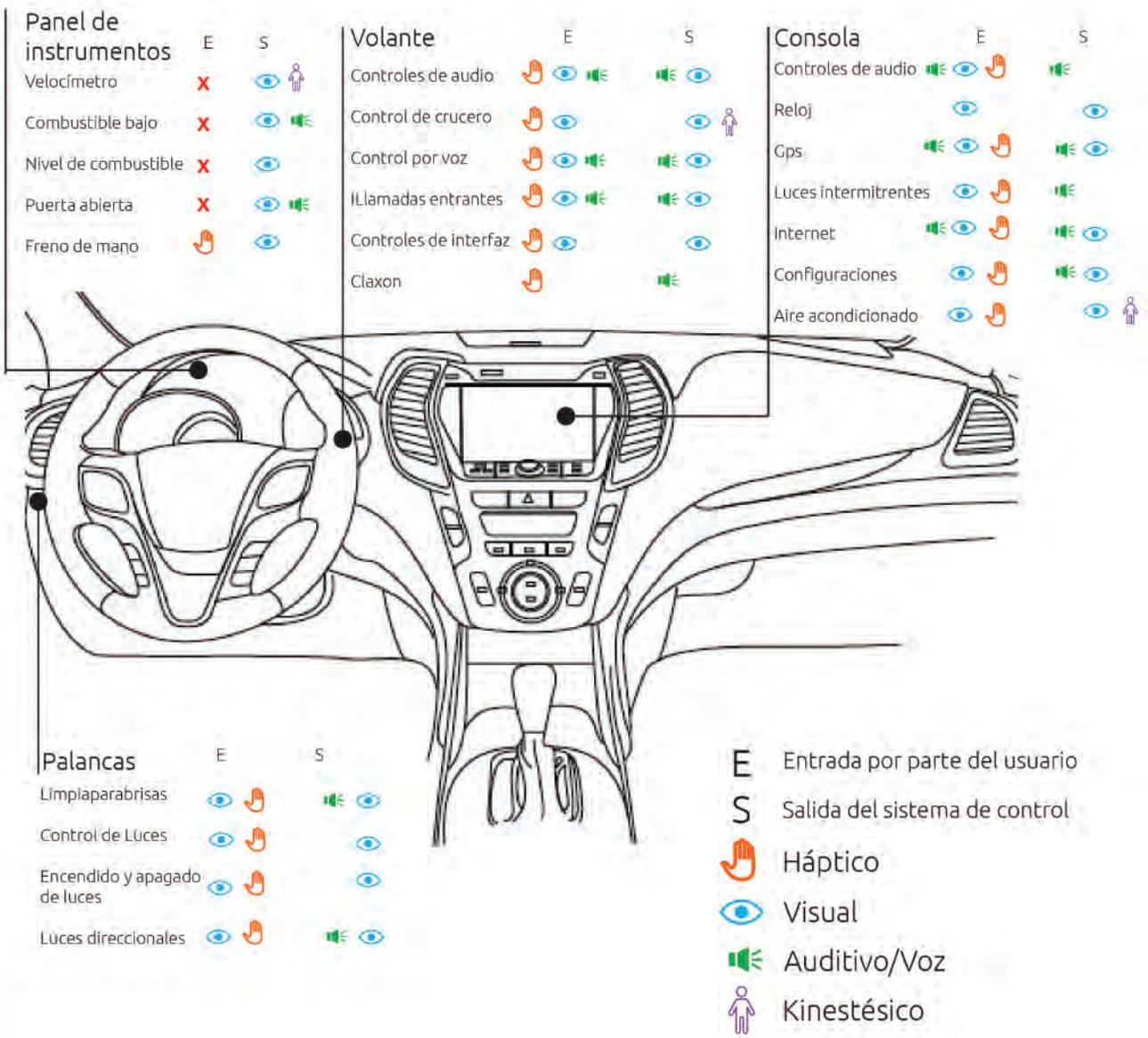


Figura 6. Mapa de sistemas de control (Carcanyon, 2017).

3.2 Focus Group con miembros de la empresa

Se realizó un *Focus Group* en la sede de la empresa, con miembros de los diferentes equipos encargados de desarrollar otros sistemas del vehículo. Esto tenía el objetivo principal de saber qué sistemas de control formarán parte de las especificaciones del Uniti EV.

El método *Focus Group* (grupo de enfoque) es útil para recopilar los requisitos y puede ayudar a identificar los problemas que deben abordarse (Maguire, 2001). La idea general es que cada participante puede actuar para estimular ideas en los otros participantes y que una visión colectiva sea establecida (Maguire, 2001). El método *Focus Group* ayudó a definir los sistemas de control que debían incluirse en la interfaz, pero las funciones que forman parte de cada sistema de control requieren una mayor definición y este método no es adecuado para ese propósito. El método *Focus Group* no debe utilizarse como la única fuente de datos de utilidad, ya que es un método deficiente para evaluar la usabilidad de la interfaz (Nngroup.com, 2017).

Después de comparar el mapa de sistemas de control y el esquema general de la interfaz para el Uniti EV, los participantes del determinaron los sistemas de control que se deben considerar para el desarrollo de la interfaz. Los sistemas de control a considerar son: controles de audio, control de crucero, cambio de marcha, luces intermitentes, limpiaparabrisas, luces de emergencia y claxon. Dentro de los propósitos del *Focus Group* estaba la recolección de información de nuevas funciones que podrían ser implementadas por la empresa en el vehículo. Esto resultó en la conclusión de que no hay necesidad de agregar nuevos sistemas operados por el conductor.

3.3 Task Analysis

Con la determinación de los sistemas de control a considerar en la interfaz, se realizó un estudio de cada uno de los sistemas de control mediante *Task Analysis* (análisis de tareas). Este método se puede definir como el estudio de lo que se requiere que un usuario haga en términos de acciones y/o procesos cognitivos para lograr una tarea (Maguire, 2001).

El método *Task Analysis* ayudó a plantear las operaciones necesarias para usar los sistemas de control. Este método proporciona una comparación entre las demandas que cada tarea asigna al operador humano y las capacidades que el operador humano posee para hacer frente a las demandas (Bhise, 2012). El procedimiento de *Task Analysis* se realizó mirando secuencias de vídeo en los cuales los sistemas de control estaban siendo utilizados o explicados. Después de analizar una secuencia de video de control de crucero (Teslavangelist, 2015), se encontró que requiere un gran número de operaciones necesarias para activar sus funciones. Por lo tanto, los usuarios necesitan aprender todos los comandos específicos para activar ciertas funciones, ver figura 7.

En algunos sistemas de control, la función activada proporciona al conductor una salida de información directa y clara, como es el caso del claxon y los limpiaparabrisas que sirven como salida. Por otra parte, después de que el conductor active las luces direccionales y las luces intermitentes, la función no sirve como una salida de información para el conductor. Por lo tanto, estas funciones requieren ser reforzadas por las señales visuales en el panel de instrumentos, así como sonidos para indicar que la función se ha activado y que se encuentra operando. Los diagramas detallados del análisis de tareas se pueden ver en el Apéndice A.

Entrada



Salida



Figura 7. Análisis de control de crucero (Teslavangelist, 2015).

3.4 Mapa de Posicionamiento de Sistemas de Control

Después de consultar con expertos de Uniti AB, se hizo un mapa preliminar de colocación para los sistemas de control. Los sistemas de control se dividieron en las entradas y salidas relacionadas con su uso y se colocaron dentro del esquema general de la interfaz del Uniti EV, véase la figura 8.

Este mapa tenía como principal objetivo generar una guía para la colocación de los sistemas de control.

En este mapa, algunos de los sistemas de control no están definidos para una determinada posición y por lo tanto la información de este mapa necesita validación con los usuarios teniendo en cuenta el esquema general de la interfaz del Uniti EV. Es importante que este posicionamiento se realice de forma racional para asegurar la adecuación de la colocación de los sistemas de control. Para evaluar la validez de las determinaciones pueden involucrarse otros participantes, como clientes, gerentes y colegas, en la toma de decisiones (Cross, 2008).

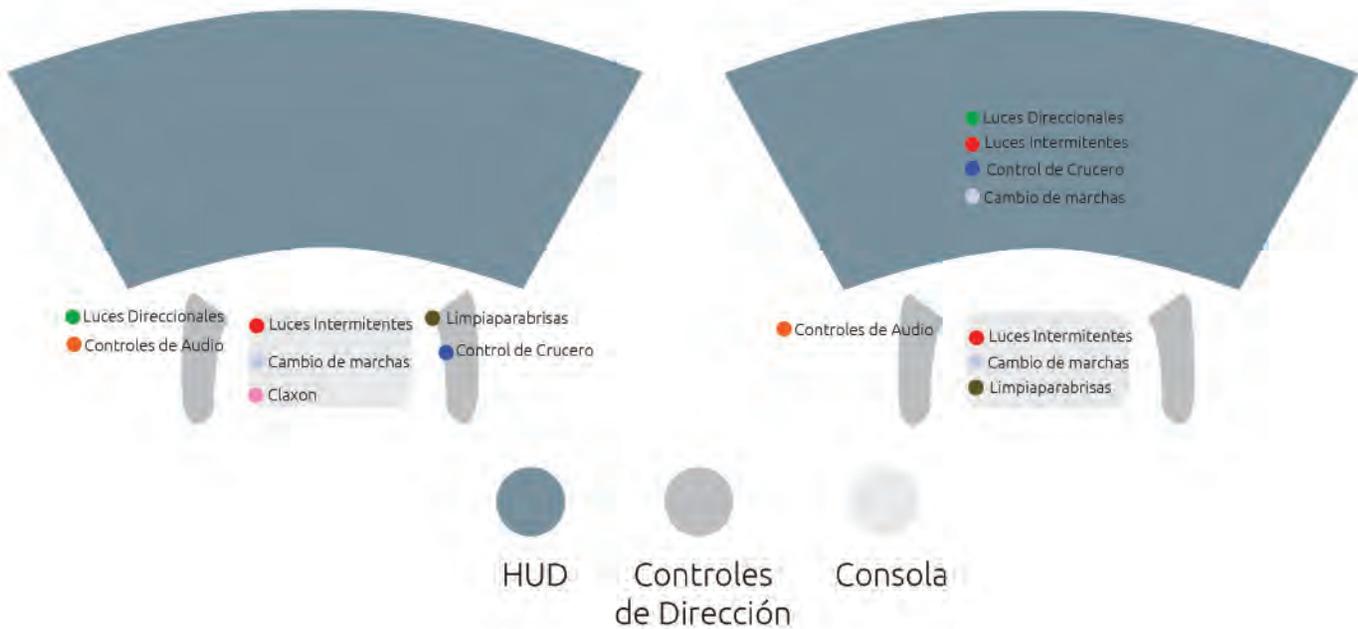


Figura 8. Mapa de posicionamiento.

3.5 Validación Para el Posicionamiento

Se realizaron pruebas de usuario utilizando prototipos de baja fidelidad con el objetivo principal de contrastar y validar la visión de la empresa para el posicionamiento de los sistemas de control dentro del nuevo esquema de la interfaz. Un prototipo de baja fidelidad es útil porque tiende a ser simple, barato y rápido de producir (Rogers, Sharp, & Preece, 2011). Los prototipos de baja fidelidad son buenos para probar los aspectos cognitivos del diseño, tales como la disposición de los controles y las pantallas (Hall, 2001). El prototipo de baja fidelidad es rápido y barato de producir. Esta flexibilidad hace que sea adecuado para los métodos de prueba considerados para el desarrollo de interfaz mencionado en la sección 2.5.2.

Las pruebas de usuario se llevaron a cabo en la Universidad de Skövde con veinte participantes que son conductores regulares. Las pruebas comenzaron presentando a los participantes un video de un minuto que explicaba los componentes generales de la interfaz y la forma en que el usuario interactúa con ellos. Después de la explicación de la interfaz, se les presentó la tarea de colocar los sistemas de control (controles de audio, control de crucero, modos de conducción, luces direccionales, limpiaparabrisas, luces de emergencia y bocina). La colocación se realizó utilizando un prototipo de baja fidelidad que consistió en la consola y los controles de dirección unidos a un escritorio normal y frente a una pizarra donde se simulaba el HUD, véase figura 9. Los participantes tenían varios iconos que se utilizaban para indicar entradas y salidas, y se añadieron al prototipo usando cinta adhesiva.

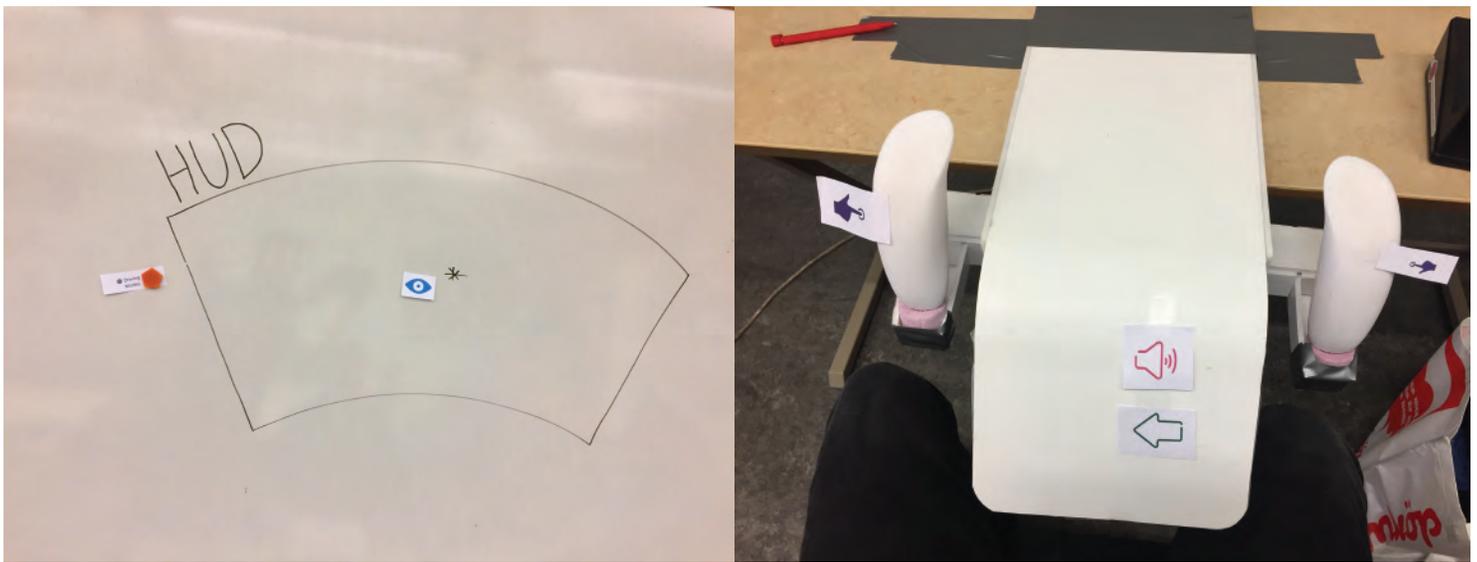


Figura 9. Prototipo de baja fidelidad.

La prueba se llevó a cabo teniendo en cuenta que se basaría en el nivel de reflexión de la cognición de los participantes con respecto a la conducción. La reflexión es cognitiva, profunda y lenta. (Norman, 2013). A menudo ocurre después de que los eventos hayan ocurrido. El nivel reflexivo implica mirar hacia atrás sobre eventos anteriores, evaluando las circunstancias, acciones y resultados (Norman, 2013).

Los sujetos colocaron las entradas y salidas basadas en sus preferencias y experiencia previa de conducción. A pesar de reunir datos subjetivos, la prueba se centra principalmente en cuantificar las preferencias de los participantes hacia el posicionamiento de entradas y salidas de los sistemas de control.

Esto se hizo mediante el seguimiento de la cantidad de veces que cada función se colocó en una posición específica. Los resultados de la colocación preferida para entradas y salidas se colocaron en un nuevo mapa, véase la figura 10. Los valores detallados de las preferencias de ubicación para cada sistema de control pueden ser visualizados en el Apéndice B.

Como puede verse en el nuevo mapa de ubicación, algunos de los sistemas de control no se pudieron definir en una posición específica. Esto es una consecuencia de la variación de los resultados con respecto a la posición y al tipo sensorial de salida que se espera de los sistemas de control. La variación podría ser el resultado de los diferentes hábitos de conducción de cada uno de los participantes, debido a la falta de estructura común mientras se aprende a conducir y más tarde al momento de conducir. Sin embargo, la prueba proporcionó una visión de las preferencias de los participantes con respecto a la posición de los sistemas de control.



Figura 10. Mapa de ubicación basado en las preferencias de usuario.

3.6 Task Analysis de Interfaces Actuales

Se realizó *Task Analysis* sobre diversos tipos de interfaces haciendo diagramas de secuencia operacional. Estos análisis tuvieron como objetivo reunir información sobre los elementos innovadores que las diferentes interfaces tienen respecto a la interfaz y experiencia de usuario. El análisis de tareas sirve como material de referencia para mejorar la comprensión de la implicación del sistema humano (Kirwan, 1992).

A partir del análisis de tareas, se identificaron muchas ideas adecuadas para adaptarse a la interacción de algunos de los sistemas de control del vehículo. Las interfaces que fueron analizadas están diseñadas para diferentes objetos y por lo tanto la aplicación directa de sus elementos interactivos no es posible.

Sin embargo, estos análisis sirvieron para identificar las soluciones que las diferentes interfaces proporcionan para guiar a los usuarios y evitar errores. Los diagramas se pueden ver en el Apéndice C.

3.7 Referencias Visuales

Las referencias visuales de estética general del Uniti EV fueron obtenidas y organizadas en un *Moodboard* que se centra en los elementos utilizados dentro del vehículo como la definición geométrica, las texturas y la tipografía. Además, se obtuvieron referencias visuales similares de otros objetos que comparten los mismos valores, véase la figura 11. Los colores para el contorno general de la interfaz fueron establecidos previamente por Uniti AB, véase la figura 12.



Figura 11. Moodboard de referencia para el Uniti EV (Ubuntu 2011; Rick Owens 2013; Uniti AB 2016; Samsung 2017).



Figura 12. Colores de la interfaz definidos por Uniti AB (Uniti AB, 2016).

El segundo Moodboard se centró en la adquisición de material, color y referencias de acabado que están relacionados con el vehículo. Proporcionando una guía para generar una integración agradable con el resto del Uniti EV, véase figura 13.



Figura 13. Moodboard de materiales, colores y acabados (Apple 2016; Uniti AB 2016; Pantone 2017; Sana 2017).

El tercer *Moodboard* se centró en la recopilación de elementos visuales relacionados con una experiencia de usuario futurista como patrones geométricos, tipografía, elementos de interacción y colores. figura 14. La adquisición de referencias visuales a través de la generación de *Moodboards* permitió definir las pautas a seguir para lograr coherencia estética con el diseño del vehículo.



Figura 14. Moodboard de experiencia de usuario futurista (HUD 2017; Vision HUD 2017; Ziiiro 2017).

4 Especificación del Producto

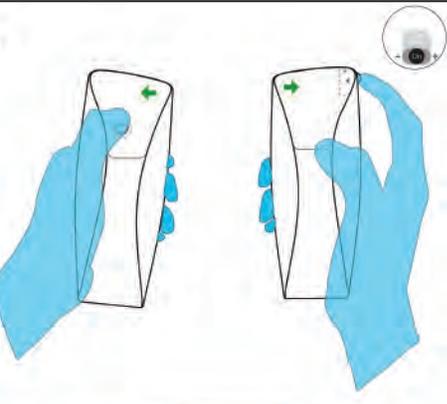
Se obtuvo información mediante el análisis de literatura relevante y los estudios preliminares. Esta información fue útil al intentar establecer las restricciones o limitaciones para el problema de diseño. El método de *Performance Specification* (especificación de desempeño) proporciona una forma clara y comprensible para determinar las limitaciones para la generación de soluciones. El método de *Performance Specification* está diseñado para ayudar a definir el problema de diseño (Cross, 2008). Las especificaciones se pueden ver en la tabla 2.

La tabla fue hecha recopilando la información de la compañía, las pruebas del usuario y la revisión de literatura. El nivel de especificación de la tabla es general, permitiendo que la generación conceptual sea flexible. Esta tabla proporcionará orientación mientras se evalúan los diferentes resultados conceptuales de la etapa de generación, apoyando la selección de las mejores soluciones considerando las limitaciones especificadas. Sin embargo, la restricción de la legislación no definirá por completo la generación de soluciones, esto de acuerdo a los deseos de la compañía de obtener resultados que no sean altamente condicionados por las legislaciones aplicables.

Tabla 2. Especificación de Diseño.

	Demandas(D) y deseos(d)	Relacionado con	Definición	Solución
1	D	Integración al diagrama general de la interfaz del Uniti EV	Las soluciones de la interfaz deberán ser posicionadas dentro del diagrama general de la interfaz definida por la empresa.	La solución de diseño considera la integración con HUD, controles de dirección y consola.
2	D	Usabilidad (ergonomía física)	Ajustar dimensiones por razones de seguridad y evitando problemas de confort en las manos.	Physical fitting trials (la solución de diseño considera las dimensiones de usuarios europeos).
3	D	Usabilidad(ergonomía cognitiva)	Las entradas y salidas deberán ser entendibles por el usuario.	Evaluar las soluciones de diseño basado en la compleción exitosa, el tiempo de compleción, errores y comentarios hechos por los usuarios.
4			La interfaz deberá seguir un patrón identificable de operación.	La solución de diseño deberá tener un flujo de tarea basado en las funciones del sistema de control correspondiente(sección 3.3).
5	D	Integración de los sistemas de control	Integración de todos los sistemas.	La solución de diseño integra: claxon, luces direccionales, control de crucero, luces intermitentes, controles de audio, limpiaparabrisas y cambio de marcha.
6	D	Legislaciones	Considerar las regulaciones de los sistemas de control.	Completar la regulación No 3/ 2014, referente al uso de símbolos y luces testigo para los sistemas de control operados por conductor.
7	d	Integración estética	Utilizar los mismos elementos de diseño para adecuarse ala apariencia del vehículo.	La solución de diseño sigue las guías visuales de la sección 3.7 establecidas por Uniti AB.
8	d	Reducción del numero de elementos de la interfaz	Mantener los elementos de la interfaz lo mas cercano posible al esquema general.	La solución de diseño deberá enfocarse en incluir los sistemas de control sin añadir mas elementos a la interfaz.
9	d	Reducción de obstrucciones visuales	Reducción del numero de símbolos.	La solución deberá utilizar únicamente el numero se símbolos necesarios para el entendimiento de la operación de las funciones.
10	d	Sustentabilidad	Considerar las implicaciones medioambientales de la solución.	La solución deberá reducir el numero de componentes y material utilizado para los sistemas de control operados por conductor.
				Completar la legislación de final de ciclo de vida.
11	d	Experiencia de uso futurística	Proveer al usuario una experiencia de uso basada en las expectativas tecnológicas.	Seguir las referencias visuales (sección 3.7).
12	d	Resistencia estructural	Los controles de la dirección deberán resistir fuerzas mayores a las requeridas para su uso	Deberá resistir la máxima fuerza de presión palmar y pinza digital.
				Requisito enfocado al usuario
				Requisito enfocado a la empresa
				Requisito enfocado a la factibilidad

5



Generación de Conceptos

En este capítulo se generan soluciones para cada uno de los sistemas de control operados por conductores previamente identificados. Las soluciones están integradas en conceptos que buscan satisfacer las demandas y deseos presentados en la tabla 2. Los conceptos se ilustran en la sección 5.3 y se selecciona un concepto final para su posterior desarrollo. El concepto seleccionado se prueba a través de evaluaciones formativas y se generan varias iteraciones basadas en la retroalimentación de los participantes. El posicionamiento de los elementos de la interfaz se basa en los resultados del proceso de *Physical Fitting Trial* presentado en este capítulo. La validación de la interfaz mediante la evaluación sumativa se incluye en la sección 5.5.

5.1 Generación de Ideas

Se realizó una lluvia de ideas para la primera etapa de generación de conceptos. Esto se decidió debido a la gran cantidad de ideas que se pueden generar con un nivel apropiado de divergencia para una etapa temprana dentro del proceso de generación de concepto.

La lluvia de ideas es un método para generar un gran número de ideas, la mayoría de las cuales serán descartadas, pero con nuevas ideas que son identificadas como dignas de seguimiento (Cross, 2008).

Durante esta sesión sólo participaron los dos autores de este proyecto. Se generaron varias ideas sobre entradas y salidas para los diferentes sistemas de control y fueron escritas en un pizarrón. Las ideas fueron generadas como soluciones individuales para cada función y considerando que eran sub-soluciones del sistema principal que deberían integrarse posteriormente en el proceso.

Las ideas fueron clasificadas por el sistema al que pertenecen: controles de audio, control de cruce, cambio de marcha, luces intermitentes, limpiaparabrisas, luces direccionales y claxon. véase figura 15.

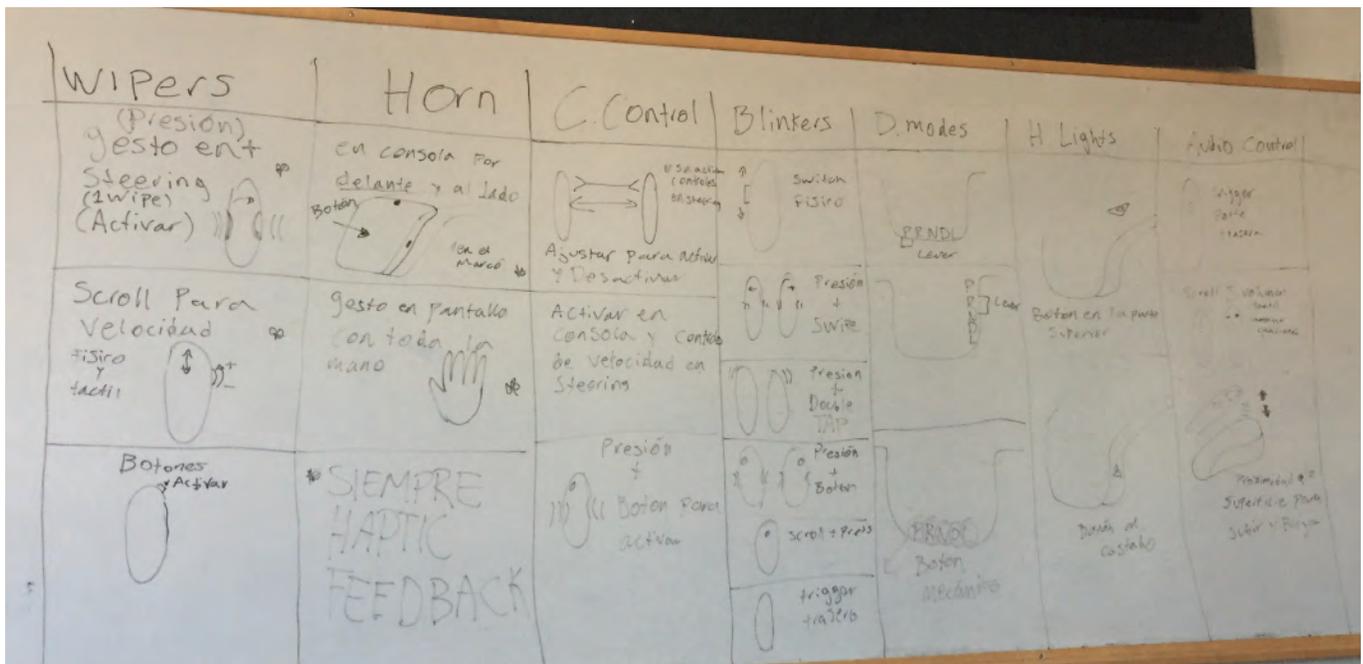


Figura 15. Soluciones generadas en la sesión de lluvia de ideas.

5.2 Matriz Morfológica

El uso de una matriz morfológica se consideró apropiado para continuar con la generación de conceptos, ya que proporciona una visión general del espacio de la solución. También permite la generación sistemática de diversos conceptos que contemplan todas las soluciones generadas para cada función.

El objetivo principal del método de matriz morfológica es ampliar la búsqueda de posibles nuevas soluciones. Diferentes combinaciones de sub soluciones pueden seleccionarse de la tabla, dando lugar a nuevas soluciones que no se han identificado previamente (Cross, 2008).

Las soluciones generadas en la sesión de lluvia de ideas se colocaron en el gráfico como sub-soluciones para todo el sistema. Las sub-soluciones se combinaron para generar conceptos que integran todas las funciones de control dentro de todo el sistema.

Los criterios seguidos para la combinación de las diferentes sub-soluciones se basan en los deseos de la empresa en contraste con los requisitos legislativos, ver sección 4.

Esta diferencia tiene un impacto significativo sobre las combinaciones finales, como resultado del deseo de la compañía de reducir el número de elementos y símbolos. Por otra parte, las legislaciones aplicables establecen la necesidad de símbolos y restringen algunos de los elementos de la interfaz. Teniendo en cuenta estas diferencias, se decidió generar tres conceptos que parten de diferentes combinaciones y están orientados a cubrir principalmente las restricciones legislativas o los deseos de la empresa.

El concepto uno es una combinación entre los requisitos legislativos y los deseos de la empresa. El concepto dos está dirigido a satisfacer los deseos de la empresa. Por último, el concepto tres está dirigido al pleno cumplimiento de los requisitos legislativos, véase figura 16.

Solución / Subfunción	1	2	3	4	5
Limpiaparabrisas (L)					
Claxon (C)					
Intermitentes (I)					
Control de Crucero (CC)					
Controles de Audio (CA)					
Direccionales (D)					
Cambio de Marcha (CM)					

L1	Añadir presión a un costado mas deslizar.	CC4	Añadir presión mas presionar botón.
L2	Deslizar para velocidad, presionar para accionar.	CC5	Gatillo para controlar velocidad mas botones.
L3	Añadir presión y deslizar para aumentar velocidad.	CA1	Gestos en consola.
L4	Botones Haptic Touch independientes para velocidad y para accionar.	CA2	Botones en los controles.
C1	Botón en la parte superior de la consola.	CA3	Botones Haptic Touch.
C2	Pantalla montada sobre un botón.	D1	Añadir presión a un costado mas deslizar.
C3	Gesto (toda la mano acciona el claxon).	D2	Añadir presión a un costado mas presionar botón.
I1	Gesto (toda la mano acciona el claxon).	D3	Botón.
I2	Botón en la parte superior.	D4	Gatillo.
CC1	Deslizar los controles para activar y desactivar.	D5	Botón deslizable a un costado.
CC2	Switch para activar y regular velocidad.	CM1	Botón en un costado mas pantalla táctil.
CC3	Botones para cada función.	CM2	Switch Deslizable.

Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3
------------	------------	------------

Figura 16. Matriz Morfológica y combinaciones.

5.3 Primer Concepto

El primer concepto incluye elementos interactivos físicos tales como un interruptor deslizable para cambiar entre las diferentes marchas y un botón para el claxon. El área del HUD sólo muestra los modos temporales constantemente, pero en el caso de un modo continuo como *Drive* (conducir) o *Park* (estacionar), se desvanecen. Esto significa que el usuario recibirá retroalimentación cuando se active un modo inusual. Por otro lado, cuando un modo es continuo, no aparecerá constantemente para evitar que el HUD se sature. El primer concepto utiliza botones para el claxon y las luces intermitentes. Para más detalles sobre estas funciones, ver figura 17.

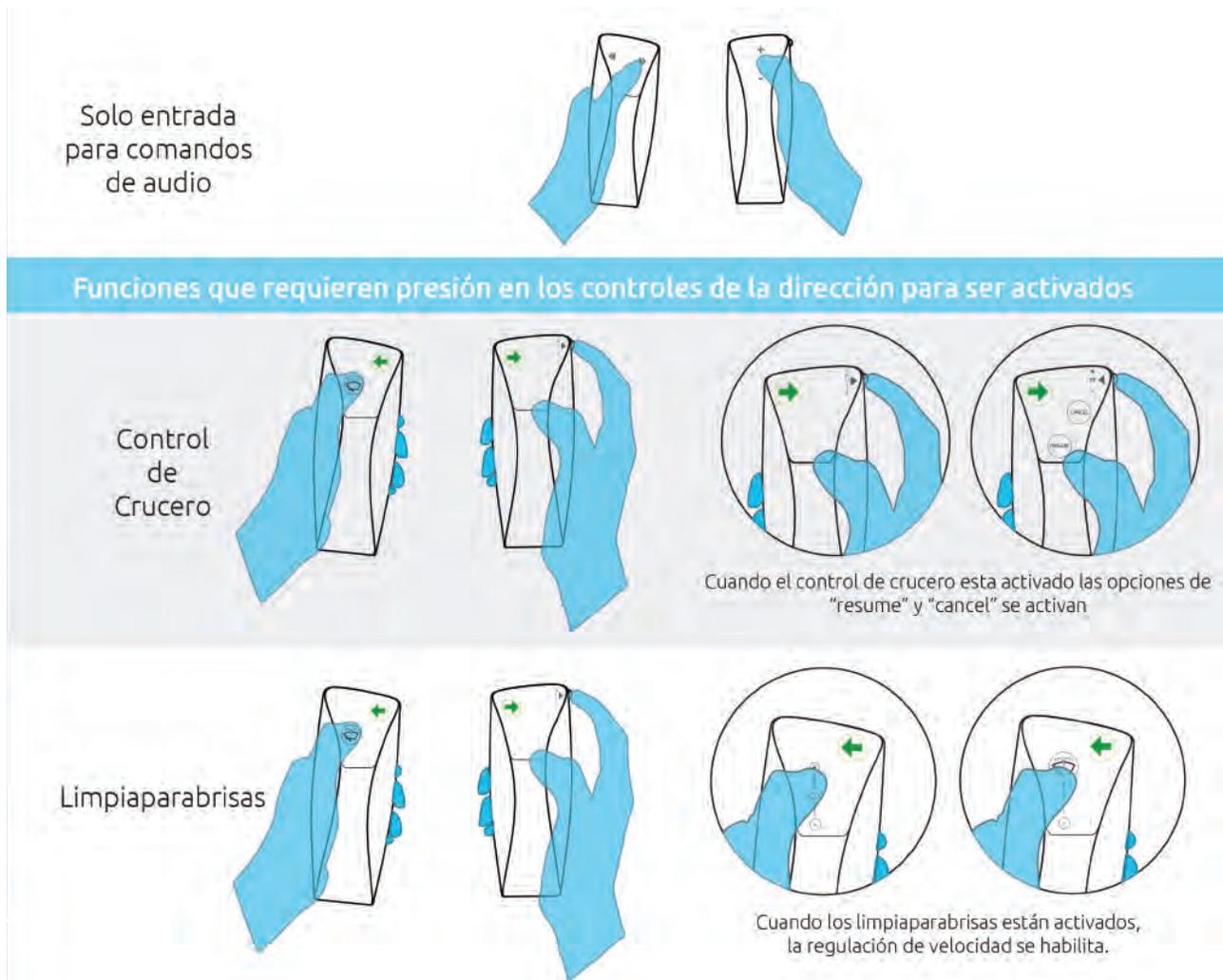


Figura 17. Detalles de operación del primer concepto: bocina, luces de advertencia y modos de manejo.

Un panel *haptic touch* (táctil háptico) se utiliza para los controles de audio. En este panel *haptic touch*, los símbolos se desvanecen cuando se presionan los lados de los controles de la dirección. Cuando esto sucede, los limpiaparabrisas y las luces direccionales son habilitados en su lugar, estas funciones se pueden activar pulsando el ícono que aparece en el panel *haptic touch*. Cuando las luces direccionales están activadas, se muestran en la zona superior del HUD, cuando se activa el control de crucero, aparece un ícono junto a la velocidad actual del vehículo. El concepto uno también incorpora un interruptor desplazable físico para las funciones de control de crucero, para más detalles de estas funciones ver figura 18.

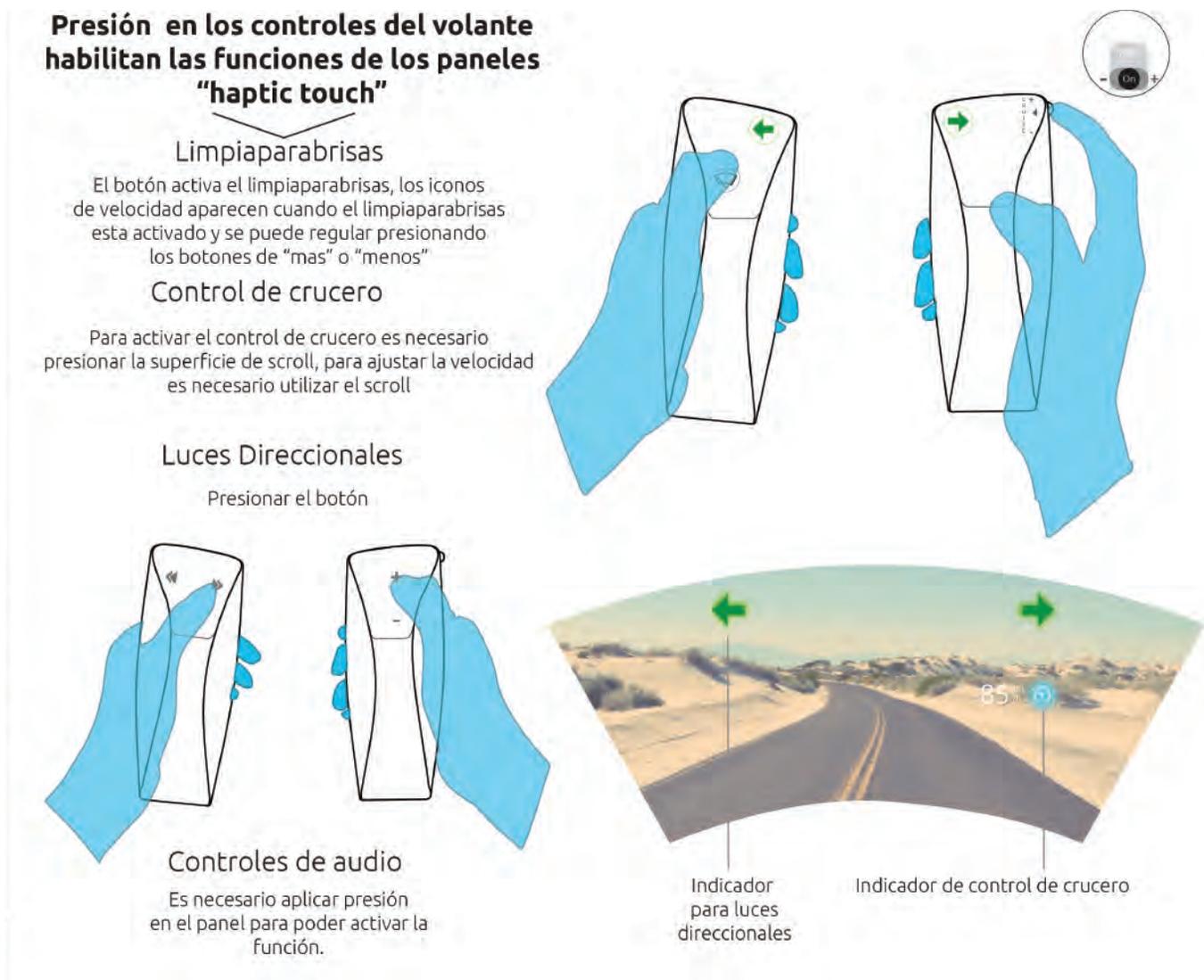


Figura 18. Detalles de operación del primer concepto de: Limpiaparabrisas, control de crucero y luces direccionales.

Después de presionar el interruptor desplazable físico, las funciones de *resume* (reanudar) y *cancel* (cancelar) se activan cuando se presiona los controles de la dirección y se puede activar pulsando los íconos en el panel *haptic touch*. Cuando se activan los limpiaparabrisas automáticos del vehículo, se habilitan los controles de velocidad para los limpiaparabrisas en el panel *haptic touch* y la velocidad se pueda regular arrastrando el ícono del limpiaparabrisas hacia los íconos de menos o más. El ícono debe ser presionado para accionar el limpiaparabrisas una vez. Para más detalles sobre estas funciones, ver la figura 19.

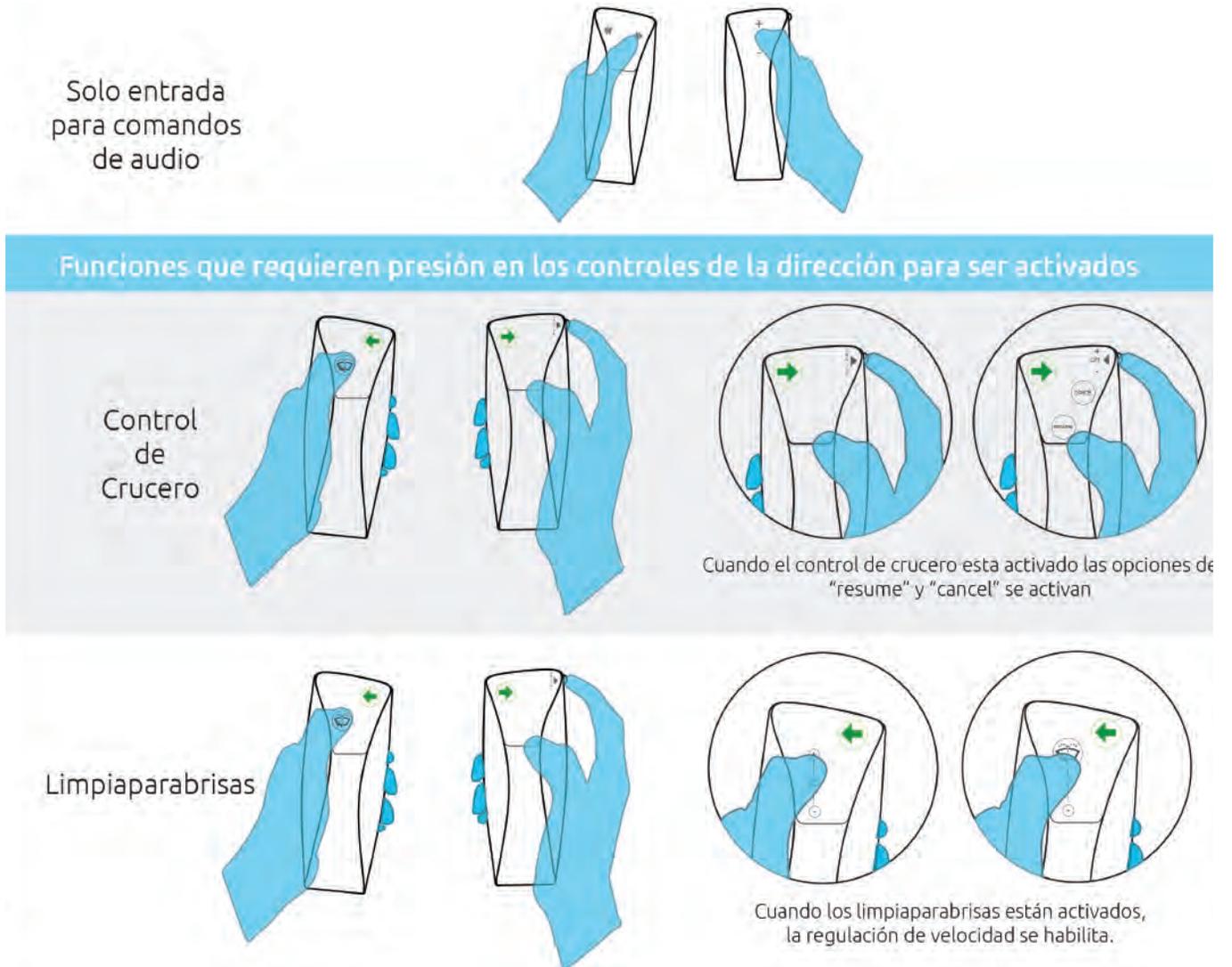


Figura 19. Detalles de operación del primer concepto de: Limpiaparabrisas y control de crucero.

5.3.1 Segundo Concepto

El segundo concepto evita la adición de más elementos a la interfaz general, ya que esto es un asunto de interés para la empresa. El posicionamiento de las luces intermitentes sigue siendo el mismo que en el concepto anterior, pero en lugar de utilizar un botón físico para las luces intermitentes utiliza un panel *haptic touch* montado en la parte superior de la consola. El cambio de marcha se puede acceder a través de un botón situado en el lado derecho de la consola, que muestra las diferentes marchas en la pantalla de la consola después de ser presionado. Un gesto de mano completo en la superficie de la pantalla activa el claxon. El uso del HUD sigue siendo el mismo que en el primer concepto. Los detalles de estas funciones se pueden ver en la figura 20.

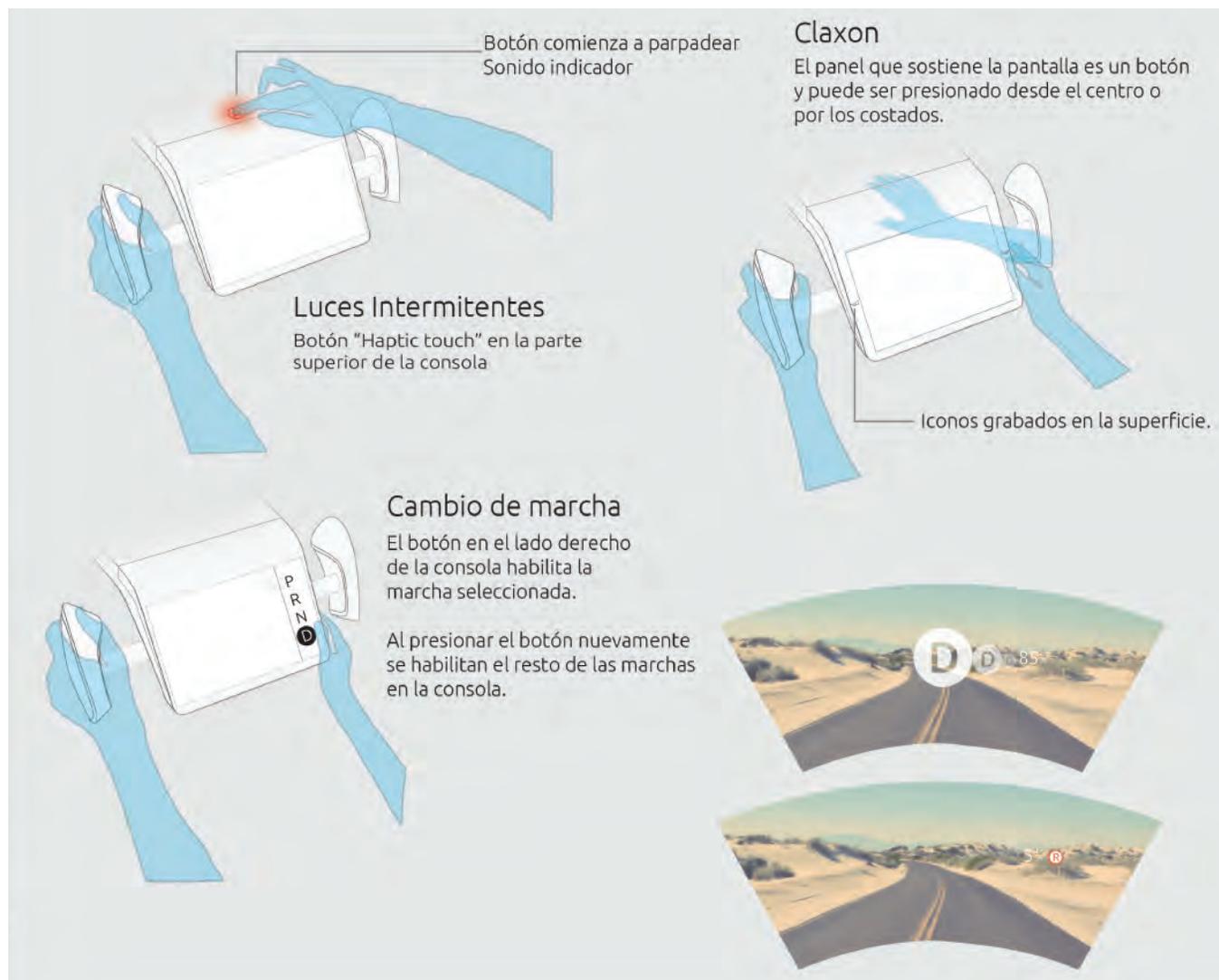


Figura 20. Detalles de operación del segundo concepto de: claxon, luces direccionales y cambio de marchas.

El concepto dos comparte la idea de habilitar funciones presionando los lados los controles de la dirección como en el primer concepto, pero la entrada de la función es diferente. En lugar de presionar un botón en el panel *haptic touch* para activar las luces direccionales, reconoce un gesto de deslizamiento en la superficie como entrada. El concepto dos elimina el uso de botones para el control de cruce. Para activar el control de cruce, los controles de la dirección se arrastran hacia fuera, para desactivar el control de manejo, los controles se arrastran hacia el interior. Los controles de audio se activan mediante gestos en la pantalla de la consola. Los detalles de estas funciones se pueden ver en la figura 21.



Figura 21. Detalles de operación del segundo concepto de: Limpiaparabrisas, señales de giro, control de manejo y controles de audio.

Las funciones del control de cruce se muestran en el panel *haptic touch* una vez que el control de cruce está habilitado y se pueden utilizar una vez que se presionan los lados de los controles de la dirección. Cuando se activan los limpiaparabrisas automáticos del vehículo, los controles de velocidad se activan en el panel *haptic touch* y presionando los íconos de negativo o positivo pueden regular la velocidad. Para accionar el limpiaparabrisas una vez, el ícono del limpiaparabrisas debe ser presionado. Para más detalles sobre estas funciones, vea la figura 22.

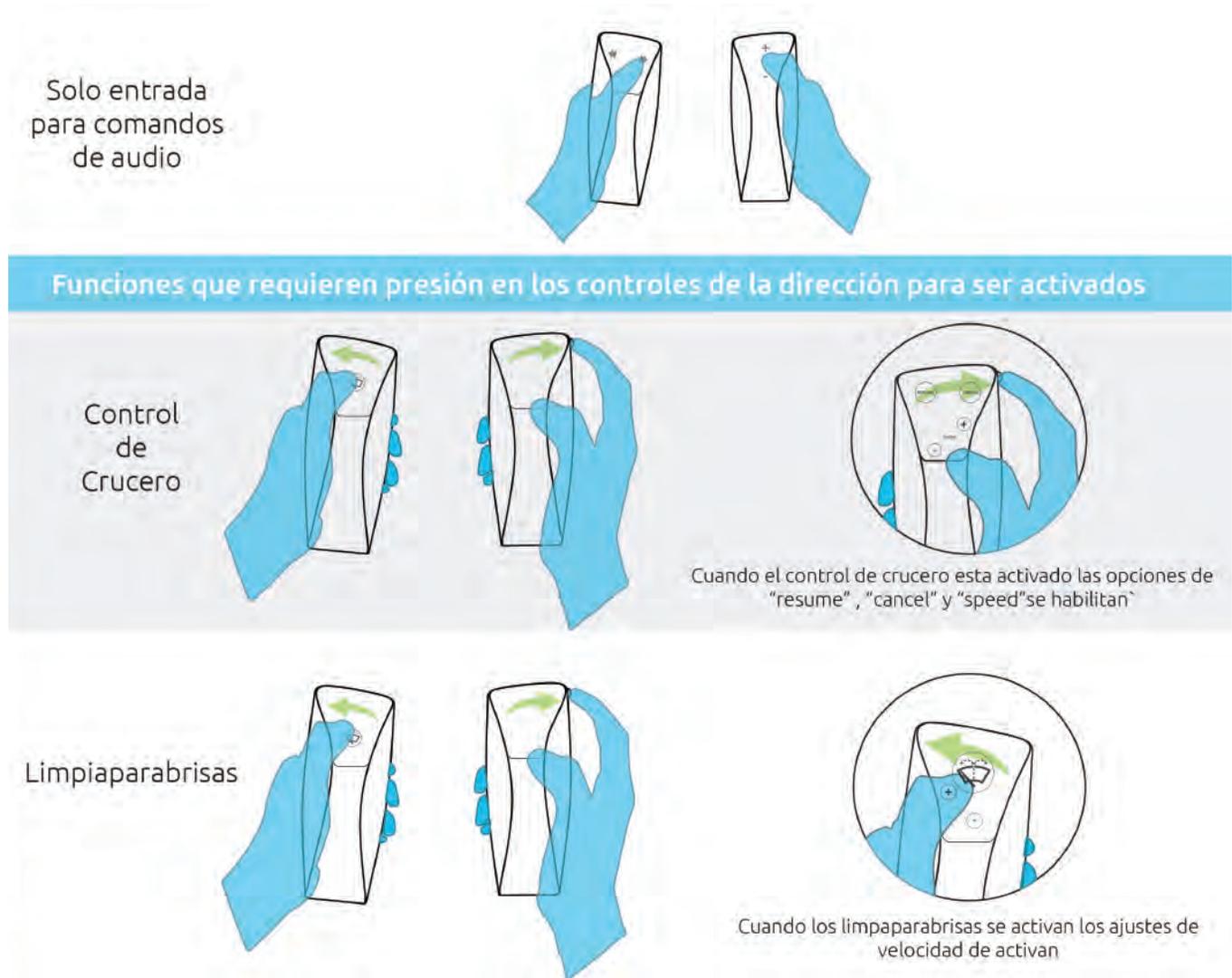


Figura 22. Detalles de operación del segundo concepto de: Limpiaparabrisas, luces direccionales, control de cruce y controles de audio.

5.3.2 Tercer Concepto

El tercer concepto sigue los mismos principios para el claxon, el cambio de marchas y las luces direccionales que el primer concepto que se puede ver en la imagen 16. Aunque el tercer concepto comparte similitudes con el primer concepto, se centró en seguir estrictamente las legislaciones encontradas en la sección 2.6. Por esta razón, las funciones deben ser visualizadas por los iconos todo el tiempo. Esto difiere de los conceptos anteriores que utilizan funciones que se habilitan presionando los controles de la dirección. En este concepto se utilizan botones para cada función. Para más detalles sobre estas funciones, ver figura 23.

Limpiaparabrisas

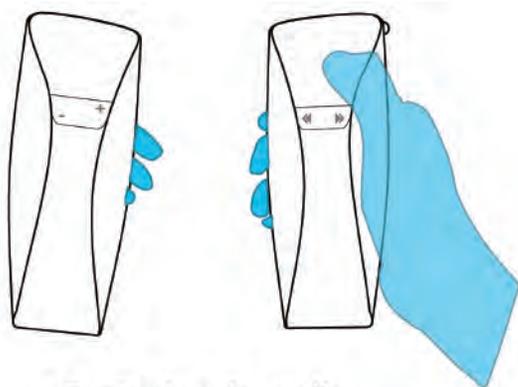
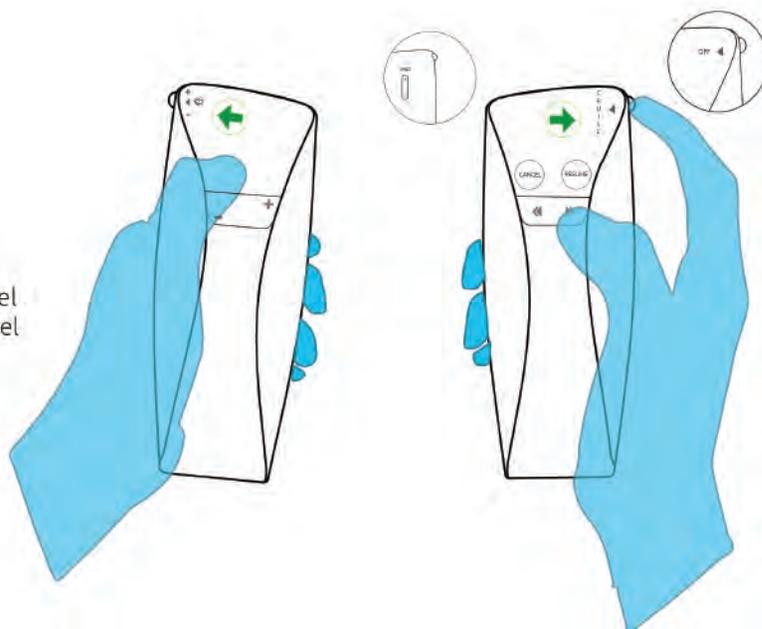
Al presionar el scroll se activa el limpiaparabrisas, la velocidad se regula al deslizar el scroll

Control de cruceo

Para activar el control de cruceo es necesario presionar el botón. Para ajustar la velocidad es necesario utilizar los botones en la parte posterior del control. Para ajustar la distancia es necesario presionar el botón "dist".

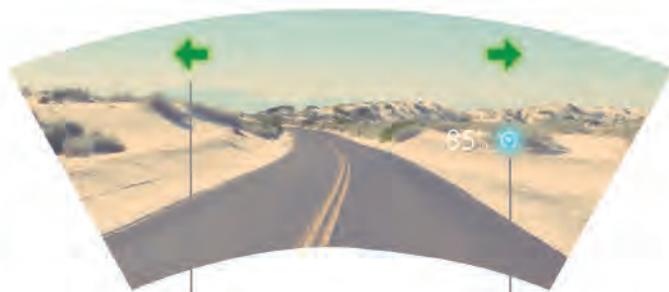
Luces Direccionales

Presionar el botón



Controles de audio

Es necesario aplicar presión en el panel para poder activar la función.



Indicador para luces direccionales

Indicador de control de cruceo

Figura 23. Detalles de Operación del tercer concepto de: Limpiaparabrisas, control de cruceo, luces direccionales y controles de audio.

5.4 Evaluación de Concepto

Las ilustraciones de los conceptos fueron presentadas a Uniti AB a través de una videoconferencia, cada una de las soluciones fue explicada con el fin de recibir retroalimentación. Al final de la sesión se acordó que todas las sub-funciones que integran los conceptos necesitaban una evaluación adicional para garantizar la usabilidad de los conceptos, especialmente los relacionados con el uso de controles táctiles hápticos, las funciones habilitadas por presión y el interruptor deslizante para los modos de conducción.

El primer concepto tenía la ventaja de tener las soluciones más variadas que pueden ser evaluadas y por lo tanto fue seleccionado para la validación. Esta selección se realizó considerando que este concepto incluía soluciones que utilizaban elementos físicos, así como soluciones que utilizaban elementos táctiles.

Por consecuencia, el concepto uno podría proporcionar más información con respecto a la eficacia de ambos tipos de interfaces. Además de la ventaja de poder recopilar información sobre los dos tipos de elementos de interfaz, el primer concepto también se sitúa entre los otros conceptos con respecto al número de símbolos utilizados. Por lo tanto, proporcionar una manera de probar si más símbolos eran necesarios o si los símbolos podrían ser eliminados.

Sin embargo, esta decisión se tomó teniendo en cuenta que se pueden agregar soluciones anteriores al concepto si uno de los elementos falla en el proceso de evaluación por los procedimientos mencionados en la sección 2.5.2.

5.4.1 Primera Prueba de Usuario

El primer enfoque para la evaluación de conceptos fue reunir información cualitativa de los participantes. El protocolo *Think Aloud* mencionado en la sección 2.5.2 fue seleccionado para realizar la primera prueba de usuario. Se construyó un prototipo del concepto de la interfaz para realizar la prueba de usuario.

El prototipo incluyó las sub-soluciones que integran el primer concepto, mencionado en la sección 5.3, excepto el interruptor deslizante para el cambio de marchas (DM2). Su eliminación se basó en los comentarios de Uniti AB y fue sustituido por un panel táctil háptico en su lugar y simulado con una etiqueta impresa. El prototipo consistió en una consola central con dos controles de la dirección y una base que le permitía pararse por sí mismo en una posición estable. Esto permitió la posibilidad de interactuar con él colocado encima de una mesa, ver la figura 24.



Figura 24. Ubicación del prototipo.

Uniti AB no especificó la altura de la consola. Por lo tanto, se decidió colocar el prototipo en una mesa de 75cm de altura para simular una altura que permitiera la interacción con la interfaz. Esto ayudó a evitar problemas con la altura poplíteica del participante en relación con el área inferior de la consola. Esta altura se consideró desde el suelo hasta la superficie inferior de la consola.

Los controles de la dirección estaban conectados a la base de la consola con una banda de goma, permitiendo a los participantes maniobrarlos. Un botón colocado entre la capa externa del controlador y su estructura principal simulaba las funciones que requerían presionar los controladores de la dirección.

Cuando los participantes presionaron los controladores, las luces led colocadas debajo de la superficie superior del controlador iluminaban funciones que no eran visibles previamente. Cuando se activó el interruptor de control de cruce, las funciones de control de cruce se hicieron visibles, ver figura 25.

La prueba fue realizada en la Universidad de Skövde e incluyó cinco participantes que fueron seleccionados basados en los siguientes criterios:

- Conducen entre una y dos horas diariamente para ser considerados conductores regulares (Pasaoglu et al., 2012)
- Conocimiento operacional del control de cruce

El *setup* (configuración) para la prueba consistió de:

- Un moderador que dirigía la prueba de usuario con un guión
- Un observador escribiendo las opiniones importantes del usuario y grabando toda la prueba

Los participantes recibieron una introducción a los elementos generales de la interfaz y sus funciones. A los participantes se les dijo que mantuvieran una interacción constante con los controles de dirección para simular un escenario de uso real

Los participantes recibieron tareas que requerían el uso de los sistemas de control, pero no recibieron instrucción directa para usar una determinada función. El guión detallado con la lista de tareas se puede ver en el Apéndice E.

Después de probar el concepto con cinco participantes, se hicieron reflexiones sobre la usabilidad del concepto basándose en la interacción que los participantes tuvieron con el prototipo. Además, se consideró si tuvieron éxito o no completaron la tarea sin instrucciones adicionales. La Tabla 3 muestra los resultados de la evaluación del primer concepto con el protocolo *Think Aloud*.

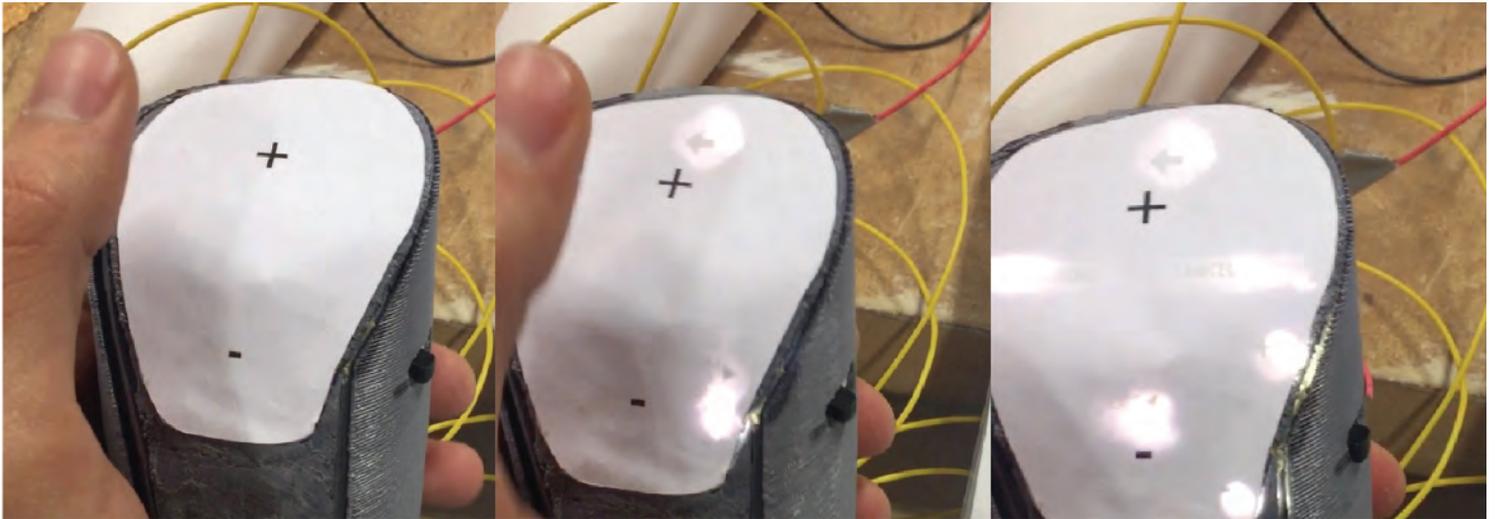


Figura 25. Simulación de funciones activadas por presión.

Tabla 3. Resultados del primer concepto.

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5
Encendido		X		X	X
Accionar limpiaparabrisas		X	X		
Claxon	X		X	X	X
Controles de audio	X	X	X	X	X
Luces direccionales		X			X
Control de cruceo					
Resume/cancel					
Luces Intermitentes		X	X		X
Velocidad de limpiaparabrisas		X	X		X

	Necesita mejorar
	Mantener

Algunos patrones fueron identificados a partir de las observaciones que se hicieron en la interacción de los participantes con el prototipo y sus comentarios al realizar cada tarea. Estos patrones son:

- A los participantes se les dificultó identificar cómo encender el vehículo y activar el control de cruce
- Los participantes tuvieron dificultad para encontrar el botón de las luces intermitentes debido a su distancia del área de atención de los usuarios
- Los participantes lograron activar las funciones impresas que pertenecían a los controles musicales, ver tabla 3
- Los participantes identificaron las funciones habilitadas como salidas en lugar de entradas debido a la inconsistencia con los textos impresos
- Los participantes no pudieron activar el control de cruce debido a la colocación de sus símbolos que formaban parte de los comandos habilitados por presión
- Los participantes dudaron mientras usaban el claxon como resultado de tener que presionar la pantalla táctil de la consola
- Los participantes tuvieron problemas para identificar cómo utilizar las funciones activadas por presión
- Los participantes encontraron que los controles de la dirección eran muy grandes

5.4.2 Segunda Prueba de Usuario

Para la segunda prueba de usuario se siguió también el protocolo *Think Aloud*. Adicional a esta similitud, se reutilizaron los siguientes elementos:

- Setup*
- Criterios de selección de participantes
- Número de participantes en la prueba
- Ubicación
- Guión

La primera iteración de la interfaz se creó sobre la base de los resultados de la primera evaluación de concepto. Los cambios realizados en el prototipo para la primera iteración incluyen:

- Un botón en la parte superior de la pantalla de la consola para proporcionar un área que se puede presionar para activar el claxon
- Se agregó una pantalla para ayudar a diferenciar elementos dentro de la consola
- Siguiendo la geometría del botón del claxon, la función de las luces intermitentes se colocó en el lado izquierdo de la pantalla y la función de cambio de marchas se colocó en el lado derecho
- El botón utilizado para habilitar las funciones de los controles de la dirección fue cambiado para resaltar la existencia de un botón
- Las dimensiones totales de los controles de dirección se redujeron en un 6%
- Se iluminaron las funciones que formaban parte de los elementos *haptic touch* de los controladores
- Los botones físicos y los elementos de interfaz dedicados se imprimieron como íconos
- El control de cruce y las funciones del limpiaparabrisas se colocaron como botones físicos dentro de los controles de dirección
- La función de las luces direccionales fue reemplazada por un gesto con el dedo pulgar en el panel *haptic touch*

Algunos de los cambios realizados en el prototipo integraron soluciones generadas previamente, mencionadas en la sección 5.2. Los cambios realizados en el prototipo se pueden ver en la figura 26.

Después de probar esta iteración de la interfaz, se hicieron reflexiones sobre su usabilidad basándose en la interacción que los participantes tuvieron con el nuevo prototipo. Los criterios de éxito se consideraron con base en la ejecución de la tarea sin ninguna instrucción adicional. La Tabla 4 muestra los resultados de la segunda evaluación de concepto.



Figura 26. Primera iteración del primer concepto.

Tabla 4. Resultados de la primera iteración.

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5
Encendido	X			X	X
Accionar limpiaparabrisas	X	X	X	X	X
Claxon		X		X	X
Controles de audio	X	X		X	X
Luces direccionales					
Control de crucero	X		X	X	
Resume/cancel					
Luces intermitentes	X	X	X	X	X
Velocidad de limpiaparabrisas	X	X	X	X	X

	No funciona
	Necesita mejorar
	Mantener

Algunos patrones fueron identificados a partir de las observaciones que se hicieron en la interacción de los participantes con el prototipo y sus comentarios al realizar cada tarea. Estos patrones son:

- Los participantes tuvieron dificultad al identificar la bocina debido a la ausencia de un símbolo sobre el botón de la bocina
- Los participantes desactivaron el control de crucero al frenar en lugar de usar las opciones de off o cancel
- Los participantes intentaron utilizar la pantalla de la consola como entrada para los controles de sonido.
- Los participantes tuvieron dificultad para identificar cómo arrancar el vehículo
- Los participantes identificaron las funciones activadas por presión como activadas después de añadir presión a los controles de dirección

5.4.3 Tercera Prueba de Usuario

El protocolo *Think Aloud* también se utilizó para la tercera prueba de usuario. Para este ensayo, los participantes recibieron una breve introducción al uso de todos los sistemas de control; esperando que si se les daba una explicación previa de las funciones habilitadas por presión, podrían usarlas correctamente. Se reutilizaron los siguientes elementos:

- *Setup*
- Criterios de selección de participantes
- Número de participantes en la prueba
- Ubicación
- Guión

Los cambios realizados en el prototipo para la segunda iteración incluyen, ver figura 27.

- Símbolos colocados en el botón del claxon
- La interfaz de la consola se sustituyó por una pantalla en blanco
- Adición de la marca de start a la interfaz del cambio de marchas
- Adición de la función de cambio de luces como indicación- La falta de esta función fue observada por un participante en la prueba de usuario anterior-

Después de probar esta nueva iteración de la interfaz, se encontró que algunos problemas permanecían incluso si los participantes recibían información sobre el uso de los sistemas de control. Los criterios de éxito se consideraron basándose en la ejecución de la tarea de los participantes y los comentarios que hicieron después de realizar la prueba. La Tabla 5 muestra los resultados de la tercera evaluación de concepto.

Algunos patrones fueron identificados a partir de las observaciones que se hicieron sobre la interacción de los participantes con el prototipo y sus comentarios al realizar cada tarea. Estos patrones son:

- Los participantes lograron activar funciones que mostraban un símbolo constantemente, ya sea físico o parte del panel táctil háptico
- Los participantes desactivaron el control de manejo al frenar en lugar de usar las opciones de desactivación o cancelación
- Los participantes identificaron las funciones activadas por presión como activadas después de añadir presión a los controladores de dirección



Figura 27. Segunda iteración del primer concepto.

Tabla 5. Resultados de la segunda iteración.

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5
Encendido	X	X	X	X	X
Accionar limpiaparabrisas	X	X	X	X	X
Claxon	X	X	X	X	X
Controles de audio	X	X	X	X	X
Luces direccionales	X	X		X	
Control de cruceo	X	X	X	X	X
Resume/cancel					
Luces intermitentes	X	X	X	X	X
Velocidad de limpiaparabrisas	X	X	X	X	X
Cambio de luces		X			X

	No funciona
	Necesita mejorar
	Mantener

Los resultados de esta prueba -con los cambios realizados en el prototipo- y el procedimiento de prueba aclararon los principales problemas de usabilidad que tenía la interfaz.

Incluso después de explicar a los participantes el uso de la interfaz de modo dual, no activaron la función y presentaron el mismo patrón visto en pruebas anteriores. Los participantes asumieron que las funciones se habilitaron una vez que se le aplicó presión al controlador de dirección.

La navegación entre múltiples vistas de aplicaciones es quizás el tipo de navegación más desorientador para los usuarios, ya que implica un cambio brusco de la atención que interrumpe el flujo de un usuario y lo obliga a entrar en un nuevo contexto (Cooper, Reimann y Cronin, 2013).

Los participantes no estaban utilizando la función de resume/cancel. En su lugar, se observó el frenado para desactivar el control de crucero. Esta observación se comparó con una evaluación de la función de control de crucero (Rakha et al., 2001). Rakha et al. (2001) encontró que la cantidad de veces que se presiona el freno mientras se usa un sistema de control de crucero adaptativo es un promedio de 120,4 veces en contraste con un promedio de 1,6 veces que se presiona el botón de cancelación; ambos en un viaje de 100 km.

Dar las tareas que requerían el uso de los sistemas de control, en lugar de instrucciones directas para usar ciertas funciones ayudó a identificar la necesidad de interacción con las luces de los faros como indicadores. Esto no se consideró desde la especificación temprana basada en el hecho de que el Uniti EV tiene luces automáticas.

5.4.4 Physical Fitting Trial

Dado que los resultados de la segunda iteración del concepto representaron las dificultades de usar una interfaz de modo dual para los sistemas de control y se decidió usar una interfaz de modo único para todos los sistemas de control, es necesaria la definición de un área para posicionar tales controles. Por esta razón se realizó un *Physical fitting Trial*, ver sección 2.4.1.1.

El procedimiento se llevó a cabo en la Universidad de Skövde con 12 participantes de ambos sexos y con diferentes tamaños de mano. La medida más grande para la longitud del pulgar corresponde a un participante masculino que es representativo del percentil 70.4. Mientras que la medida más pequeña para la longitud del pulgar corresponde a una participante femenina que es representativa del percentil 4,8. En el caso de la longitud de la mano, la medida más grande corresponde a un participante masculino que es representativo del percentil 73.1. La medida más pequeña pertenece a una participante femenina que es representativa del percentil 2.6. Los porcentajes se obtuvieron utilizando la base de datos de PeopleSize 2008, el conjunto de población utilizado fue alemán, masculino y femenino, de 18 a 64 años de edad. Este conjunto de población se definió basándose en el hecho de que el vehículo está orientado al mercado europeo y su disponibilidad de software.

Esta amplia gama entre los porcentajes indica que la muestra utilizada para el ensayo proporcionará información que se basa en usuarios con manos pequeñas y grandes. Las mediciones se pueden ver en la tabla 6.

Tabla 6. Medidas de los participantes.

Participante	Genero	Longitud de pulgar(mm)	Percentil	Longitud de la mano (mm)	Percentil
1	Femenino	55	14,8	165	7,9
2	Femenino	52	4,8	160	2,6
3	Masculino	69	63,4	185	24,6
4	Masculino	70	70,4	175	4,5
5	Masculino	60	8,3	185	24,6
6	Masculino	60	8,3	198	73,1
7	Femenino	55	14,8	173	28,5
8	Femenino	64	78,6	174	32,5
9	Femenino	55	14,8	169	16,1
10	Femenino	55	14,8	160	2,6
11	Masculino	70	70,4	192	50,4
12	Masculino	57	2,5	185	24,6

Dado que la colocación de los controles no está determinada por una medición lineal aislada, se decidió utilizar una reticula para identificar un patrón que puede usarse para decidir el mejor posicionamiento para los controles. Los participantes recibieron el controlador izquierdo de la dirección con una superficie que tenía una retícula impresa. Se les dijo que mantuvieran la posición más cómoda teniendo en cuenta que tendrían que llegar a la superficie de la retícula con los pulgares. Una vez que encontraron un agarre adecuado, colocaron sus pulgares en el área de reposo natural, esta zona se marcó en color verde. Luego tuvieron que identificar las áreas que pudieran alcanzar estirando o flexionando sus pulgares dentro de un nivel aceptable de comodidad; esta zona estaba marcada en color amarillo. Por último, se les dijo que flexionaran o estiraran los pulgares hasta que comenzaran a sentir tensión, esta área estaba marcada en color rojo, vea la figura 28.



Figura 28. Superficie de la matriz sobre el control izquierdo.

Se generó un *Heatmap* (mapa de incidencia) a partir de los diferentes patrones obtenidos de cada uno de los participantes con el fin de identificar un patrón común para definir la mejor ubicación para los controles dentro del dispositivo. Los *Heatmap* proporcionan una visión visual intuitiva de la intensidad de un fenómeno con respecto a una región espacial (Trame & Keßler, 2011).

El *Heatmap* muestra las áreas que son más adecuadas para ubicar los controles, al igual que las áreas que pueden generar molestia, ver figura 29.

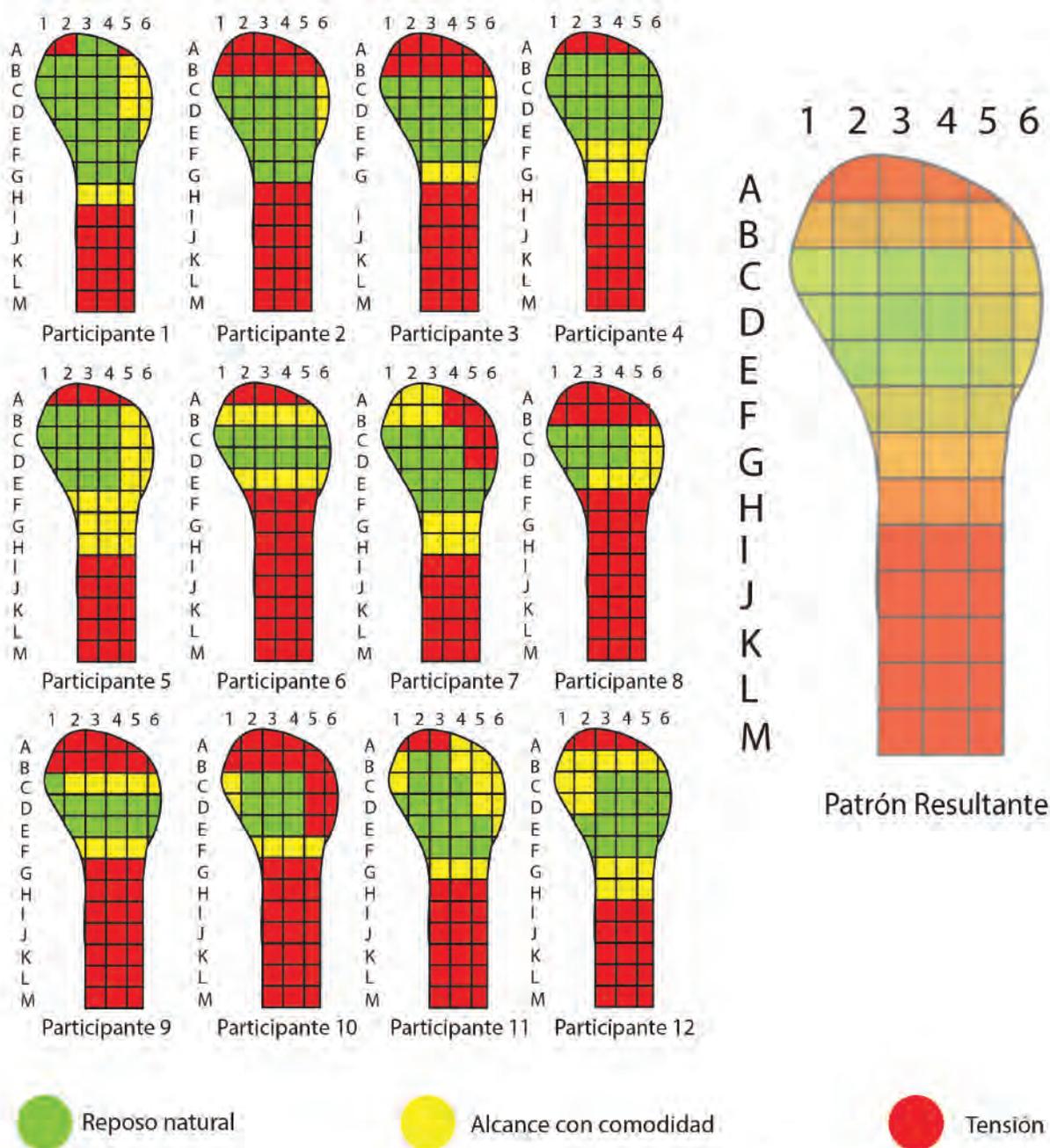


Figura 29. Patrón resultante.

5.4.5 Cuarta prueba de usuario

El protocolo *Think Aloud* se utilizó para la cuarta prueba de usuario. En contraste con la tercera prueba de usuario, los participantes no recibieron una explicación de cómo utilizar los sistemas de control.

Los siguientes elementos fueron reutilizados de la prueba anterior:

- *Setup*
- Criterios de selección de participantes
- Número de participantes
- Ubicación
- Guión

Se realizaron cambios en el prototipo basándose en los resultados de la tercera prueba de usuario, véase la figura 30. Los cambios realizados en la maqueta para la tercera iteración incluyen:

- Controles de audio colocados en el control de dirección derecho
- Interruptor deslizable colocado en cada controlador de dirección para la función de luces direccionales
- Adición de la función de cambio de luces
- Colocación de los controles sobre la base de los resultados del *Physical Fitting trial*
- Eliminación de la función de cancel en el control de cruce

Esta nueva iteración mostró una mejora significativa en comparación con las iteraciones anteriores. En este caso, los sujetos de la prueba no recibieron información sobre el uso de los sistemas de control. Sin embargo a pesar de no tener conocimientos previos sobre el uso de la interfaz activaron con éxito todas las funciones para cada tarea. La Tabla 7 muestra los resultados de la tercera evaluación de concepto.

Los participantes usaron la función de encendido con éxito así como el cambio de marchas, pero se decidió cambiar el encendido de *Drive a Park*. Esto se decidió para estar en modo de Park una vez que la interfaz se activa y hacer que los usuarios activar el modo *Drive* para comenzar a conducir. Después de la tercera iteración del concepto uno, se comprendió el uso de todos los sistemas de control y estaba al alcance y visibilidad de los sujetos de prueba. Esto significa que no se encontraron problemas de usabilidad importantes y esta iteración estaba lista para ser validada a través de pruebas sumativas informales.



Figura 30. Detalles del Tercer Concepto.

Tabla 7. Resultados de la tercera iteración.

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5
Encendido	X	X	X	X	X
Accionar limpiaparabrisas	X	X	X	X	X
Claxon	X	X	X	X	X
Controles de audio	X	X	X	X	X
Luces direccionales	X	X	X	X	X
Control de cruceo	X	X	X	X	X
Resume/cancel	X	X	X	X	X
Luces intermitentes	X	X	X	X	X
Velocidad de limpiaparabrisas	X	X	X	X	X
Cambio de luces	X	X	X	X	X

	Necesita mejorar
	Mantener

5.5 Validación de la Interfaz

La validación de la interfaz se realizó a través de pruebas sumativas informales. El objetivo principal fue reunir información cuantitativa con respecto a la interacción de los sujetos de prueba con la interfaz. Las variables medidas fueron tiempo y finalización de la prueba. Para proporcionar validez de los datos recabados, se utilizó el método de Mago de Oz mencionado en la sección 2.5.2. Para este propósito, se creó un pequeño video utilizando secuencias del software "Euro Truck Simulator". La prueba se realizó con el mismo prototipo que el utilizado para la cuarta prueba de usuario. Esta vez el prototipo se colocó delante de una pantalla que mostraba secuencias de vídeo, vea la imagen 31.



Figura 31. Setup de la Prueba.

Los participantes recibieron una introducción a los elementos generales de la interfaz y sus funciones. También recibieron una breve introducción al uso de todos los sistemas de control. A los participantes se les dijo que mantuvieran una interacción constante con los controladores de dirección para simular un escenario de uso real. A los participantes se les dijo que usaran un control específico basado en las secuencias de video mostradas en la pantalla.

La prueba se realizó en la Universidad de Skövde e incluyó a diez participantes que fueron seleccionados sobre la base de los mismos criterios seguidos para las pruebas formativas.

El *setup* hecho para la prueba consistió en:

- Un moderador que guía la prueba del usuario con un guión
- Un moderador en la computadora cambiando los videos según las interacciones del usuario
- Un observador que mide el tiempo y la finalización de las tareas

Los datos cuantitativos se obtuvieron de la prueba con respecto al tiempo que tomó para que los participantes activaran cada función y si los participantes activaron o no las funciones con éxito. El tiempo medio para cada función con un intervalo de confianza del 95 por ciento se puede ver en la figura 32.

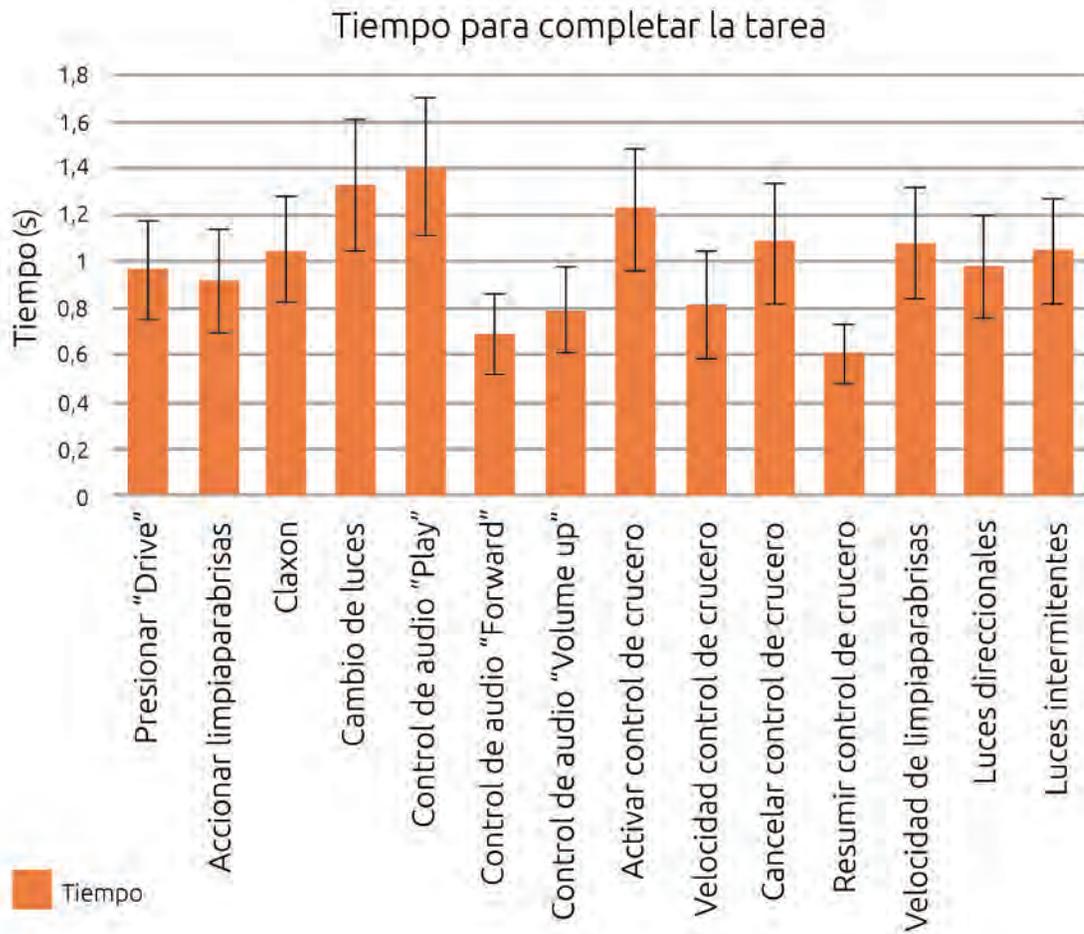


Figura 32. Tiempo de Finalización de Tareas.

La tasa de éxito se basa en el número de usuarios que completaron cada tarea sin problemas. Debido al pequeño tamaño de la muestra utilizada para esta prueba, se generó una distribución binomial para identificar el porcentaje en el cual el patrón identificado puede ser seguido en escalas más grandes. Por ejemplo: La activación individual del limpiaparabrisas fue utilizada correctamente por 9 usuarios de 10 que es una tasa de éxito del 90%. Al calcular la distribución binomial, se puede decir que el porcentaje en el que se puede seguir este patrón en nuestro conjunto de población es de 88% (Sauro & Lewis, 2012). La tasa de éxito y la distribución binomial para cada función se puede ver en la figura 33.

Tasa de éxito y distribución binomial

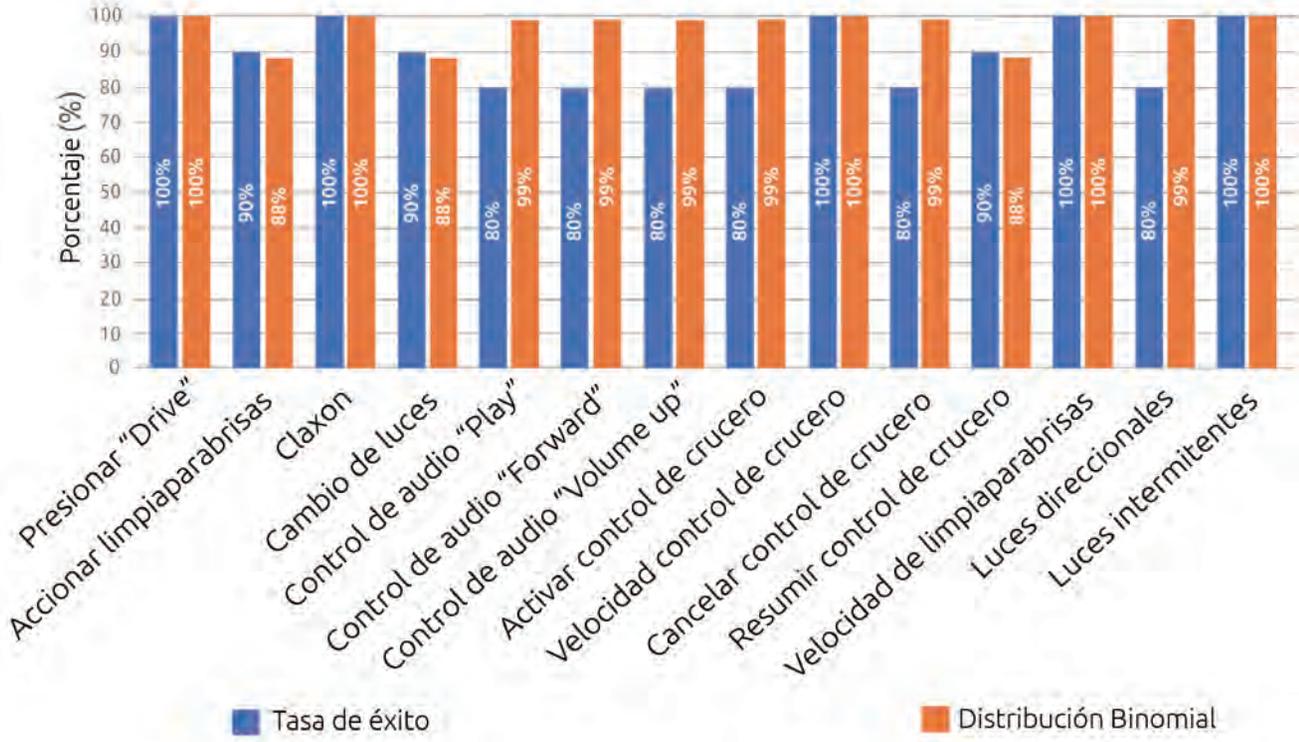


Figura 33. Tasa de éxito y distribución binomial.

6



Diseño Final

Este capítulo ofrece una visión general de los elementos que integran la solución propuesta. Cada uno de los sistemas de control se explica detalladamente en la sección 6.1. La selección de materiales, el análisis de resistencia y las implicaciones ambientales de los componentes físicos que integran la interfaz se tratan en la sección 6.2 de este capítulo.

6.1 Descripción de la Interfaz

La interfaz se basa en los resultados de las pruebas formativas anteriores, los resultados del *Physical Fitting Trial*, las restricciones de la empresa y las legislaciones aplicables. Esto definió la posición, las dimensiones y la interacción general de los elementos que integran cada uno de los sistemas de control operados por el conductor.

Las representaciones finales de la interfaz se presentan en esta sección, así como una visión general de las funciones de cada uno de los sistemas de control operados por el conductor. La solución está orientada principalmente al cumplimiento de los requisitos enfocados al usuario presentados en la tabla 2, pero también considerando la factibilidad y los requerimientos de la empresa.

6.1.1 Esquema General

La iteración final de la interfaz se basa en el esquema general descrito en la sección 2.3 y añade nueve elementos interactivos a la misma. Dos paneles *haptic touch* situados a los lados de la consola (A1 y A2), un botón en la parte central de la consola (B), dos deslizadores en los lados de los controles de dirección (C1 y C2), dos botones en la parte superior de los controles de dirección (D1 y D2) y dos paneles *haptic touch* en la superficie superior de los controles de dirección (E1 y E2), ver figura 34.



Figura 34. Elementos principales de la Interfaz.

6.1.2 Cambio de marcha

El cambio de marcha se encuentra en el área superior derecha de la consola y es el primer elemento con el que se debe interactuar para habilitar el resto de las funciones. Tan pronto como el usuario pulsa el botón de encendido situado en el ícono de *park*, el resto de la interfaz se enciende. Para pasar del modo *park* al resto de las marchas, el usuario debe presionar el freno del vehículo y pulsar el ícono que muestra la marcha deseada, ver figura 35.



Figura 35. Interacción con modos de manejo.

La tipografía y el color de la interfaz del cambio de marcha se basan en las especificaciones de la sección 3.7. La interacción con la interfaz del cambio de marchas es necesaria para habilitar el resto de la interfaz, por lo que se decidió darle jerarquía visual por su tamaño y contraste, por lo que el texto es más grande para este elemento y el fondo se ilumina en lugar del ícono, ver figura 36.

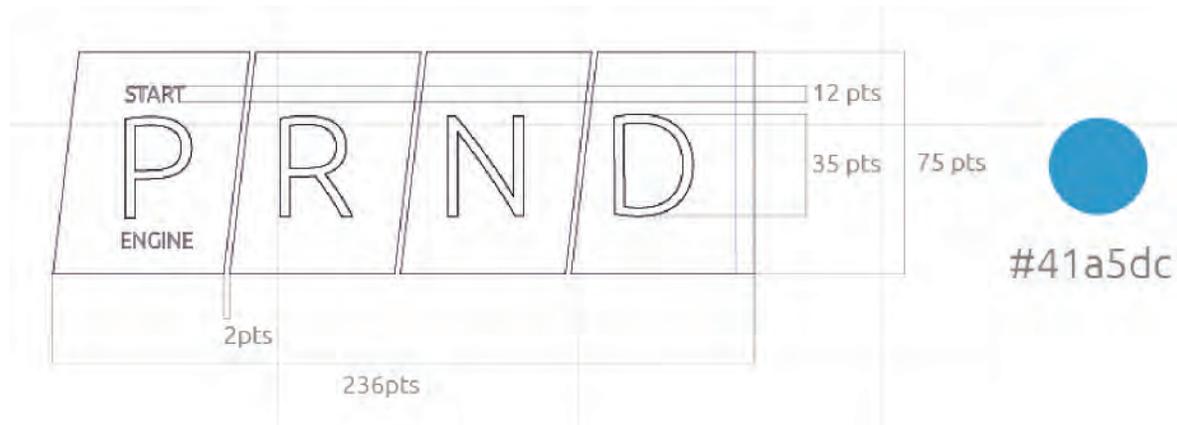


Figura 36. Color, tipografía y tamaño del modo de manejo.

Además de la retroalimentación del panel *haptic touch*, el área del HUD muestra el modo actual que se ha seleccionado. Los íconos se muestran temporalmente para los modos constantes como *drive* y *park*, el objetivo principal de eliminarlos una vez que están activados es reducir las distracciones visuales en el HUD. Por otro lado, los modos temporales como neutral y reverse se muestran constantemente en el área de HUD como un recordatorio al usuario de que un modo temporal está activo, la tipografía y el color se basan en las especificaciones de la sección 3.7, ver figura 37.



6.1.3 Luces Intermitentes

Las luces intermitentes se encuentran en el área superior izquierda de la consola en forma de un panel *haptic touch* que permanece habilitado todo el tiempo basado en los requisitos legales de la sección 2.6. Cuando se presiona el símbolo de las luces intermitentes, el usuario recibe la retroalimentación del panel *haptic touch* y ambos símbolos de las luces intermitentes aparecen en la pantalla de la consola y empiezan a parpadear, también se genera sonido mientras las luces intermitentes permanecen activas, ver figura 38.



Figura 38. Luces intermitentes activadas.

Las proporciones y el color se basan en los requisitos legales mencionados en la sección 2.6. La tonalidad y la saturación no se especifican para el color de los símbolos, por lo que en este caso la decisión se basa en las especificaciones de color de la sección 3.7.

El tamaño no se especifica en las legislaciones aplicables para el símbolo, pero debido a la importancia que este control tiene por razones de seguridad se decidió darle la más alta jerarquía en tamaño dentro de toda la interfaz y siguiendo el mismo principio de iluminación del fondo en lugar del ícono como en la interfaz de modos de conducción, vea figura 39.

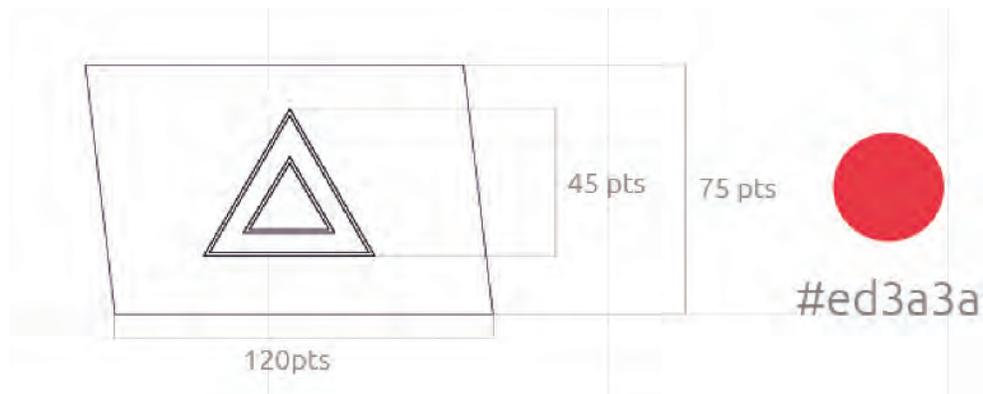


Figura 39. Tamaño y color del ícono de las luces intermitentes.

6.1.4 Luces direccionales

Las luces direccionales están ubicadas en los lados de los controles como interruptores deslizables que activan la luz direccional correspondiente al lado del control en el que se encuentra. El uso de interruptores deslizables se decidió basado en el éxito que este tipo de entrada tuvo cuando se probó, esto se puede ver en los resultados que se muestran en la sección 5.5. La posición del interruptor deslizable se basa en los resultados del *Physical Fitting Trial* que proporcionó una guía para la colocación de los controles, ver sección 5.4.4.

El usuario activa las luces direccionales deslizando el interruptor y recibe retroalimentación mecánica desde el interruptor. El usuario también recibe retroalimentación visual mediante símbolos que aparecen en la pantalla de la consola, que comienzan a parpadear cuando se activa, así como desde la superficie verde debajo del interruptor que aparece después de que cambia su posición original. La retroalimentación auditiva de las luces direccionales permanece hasta que se desactiven. Cuando se desactivan las luces direccionales, el interruptor vuelve a su posición original, ver figura 40.

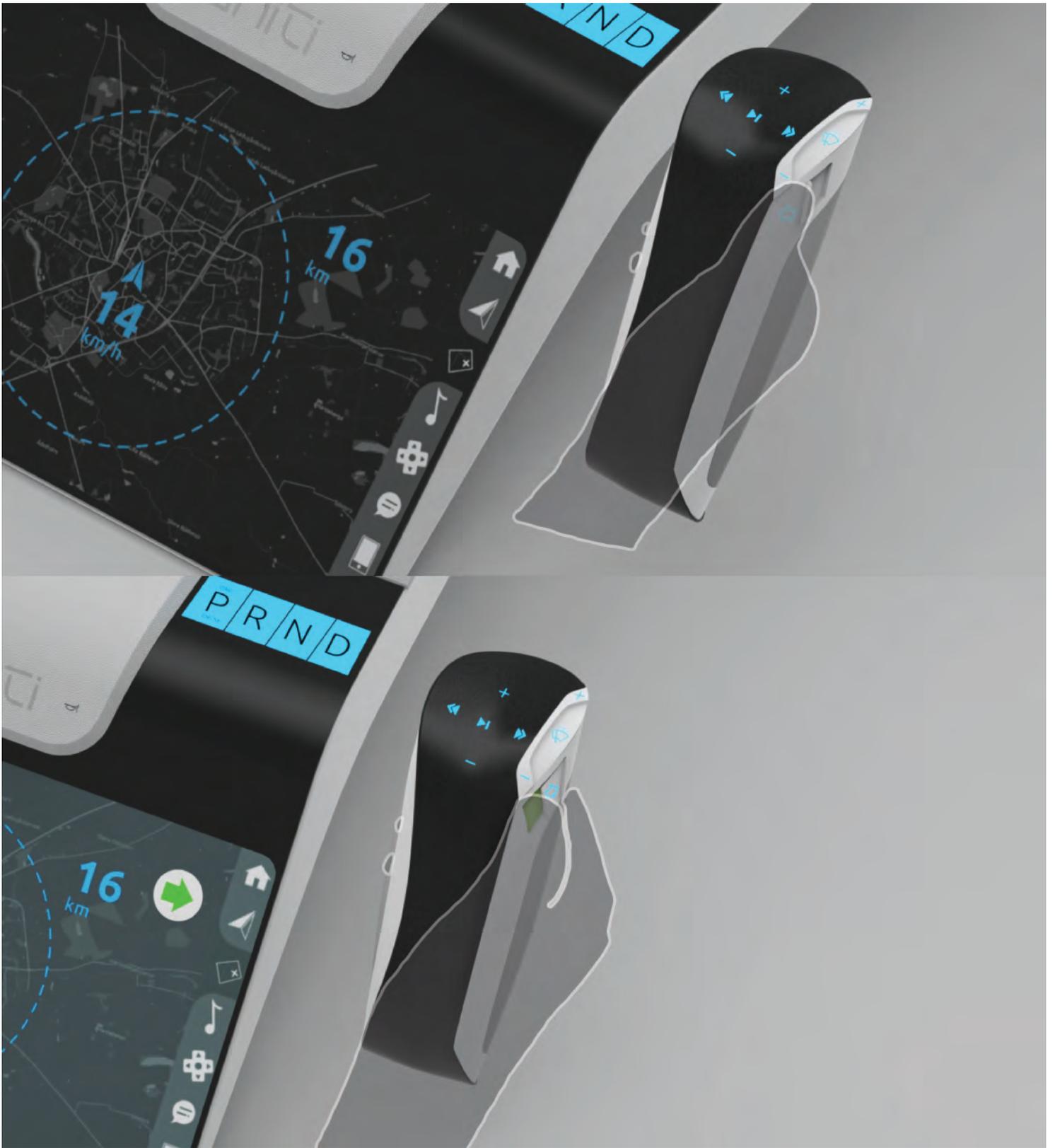


Figura 40. Interruptor deslizable de las luces direccionales y los testigos de operación en pantalla

La proporción de los símbolos de las luces direccionales se basa en los requisitos legales mencionados en la sección 2.6. El tamaño no se especifica en las legislaciones aplicables para el símbolo, y por lo tanto el tamaño se definió en relación con la dimensión del deslizador y la visibilidad del símbolo. La decisión de color para el ícono se basó en las especificaciones de color de la sección 3.7, ver figura 41.



Figura 41. Color y tamaño del testigo de las luces direccionales.

6.1.5 Controles de Audio

Los controles de audio están ubicados en la superficie superior del control de dirección derecho, esta superficie es un panel *haptic touch* que proporciona al usuario una retroalimentación cuando es presionado. La posición de los controles de audio se basa en los resultados del *Physical Fitting Trial*, ver sección 5.4.4. Para reproducir o pausar música, el usuario debe pulsar el ícono de reproducción/pausa, para aumentar o disminuir el volumen, el usuario debe pulsar los íconos de más y menos. Si se mantiene presión en los íconos de control de volumen, el volumen aumenta gradualmente. Es necesario presionar los iconos hacia adelante y hacia atrás para cambiar entre canciones o emisoras de radio.

Los íconos de control de audio se iluminan lo cual diferencia a estos controles de los íconos con iluminación de fondo para las luces intermitentes, el cambio de marcha y el cambio de luces. Esto da menos jerarquía visual a los controles de audio, ya que su función no afecta el estado del vehículo. La decisión de color de los íconos se basa en las especificaciones de color de la sección 3.7, ver figura 42.

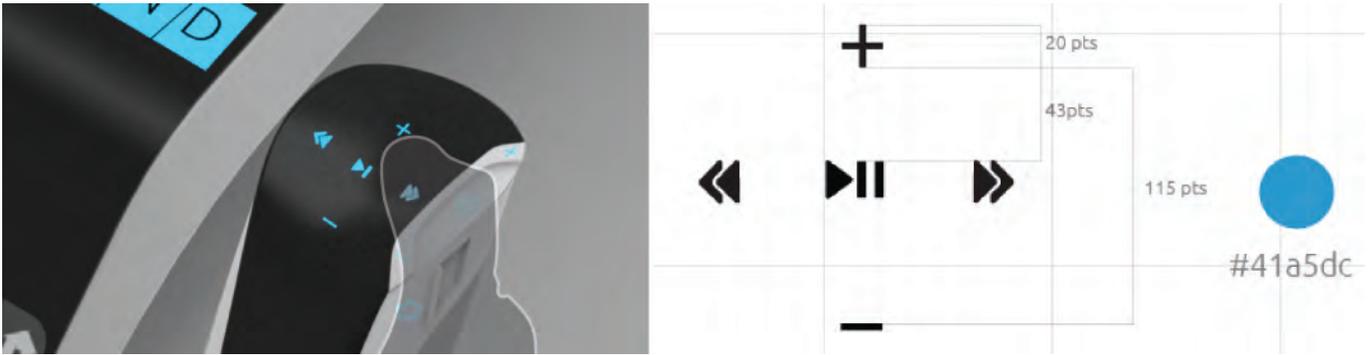


Figura 42. Detalles de los controles de audio.

6.1.6 Limpiaparabrisas

Los controles de los limpiaparabrisas se encuentran en el área superior del controlador derecho. Los botones físicos activan estos comandos. La posición de los controles de los limpiaparabrisas se basa en los resultados del *Physical Fitting Trial*, ver sección 5.4.4. Al presionar el ícono del limpiaparabrisas se activa un solo movimiento de limpieza de los limpiaparabrisas, si se mantiene presionado el movimiento continuará hasta que se suelte. Para aumentar o disminuir la velocidad de los limpiaparabrisas automáticos el usuario tiene que presionar los iconos de más y menos.

Los íconos del limpiaparabrisas se iluminan y se diferencian de los controles de audio por el color de fondo y la disposición de íconos. La decisión de color de los íconos se basa en las especificaciones de color de la sección 3.7, ver la figura 43.



Figura 43. Detalles de los limpiaparabrisas.

6.1.7 Control de crucero

El control de crucero se encuentra en el área superior del control de dirección izquierdo, estos comandos se activan mediante botones físicos y la función de *resume/cancel* se activa en el panel *haptic touch* una vez que se presiona el botón de manejo. La posición del control de crucero se basa en los resultados del *Physical Fitting trial*, ver sección 5.4.4.

Al presionar el botón de manejo se activa el control de crucero y se establece la velocidad de crucero a la velocidad que el vehículo está en el momento en que se presiona el botón. Para aumentar o disminuir la velocidad, el usuario debe presionar los íconos más y menos. Si se mantiene la presión sobre ellos, entonces la velocidad aumentará o disminuirá en cinco unidades. El usuario puede cancelar la velocidad actual y reanudarla más tarde presionando la opción de *resume/cancel* en el panel *haptic touch*. Cuando se activa el control de crucero, el usuario recibe retroalimentación visual de su activación en el HUD, ver figura 44.

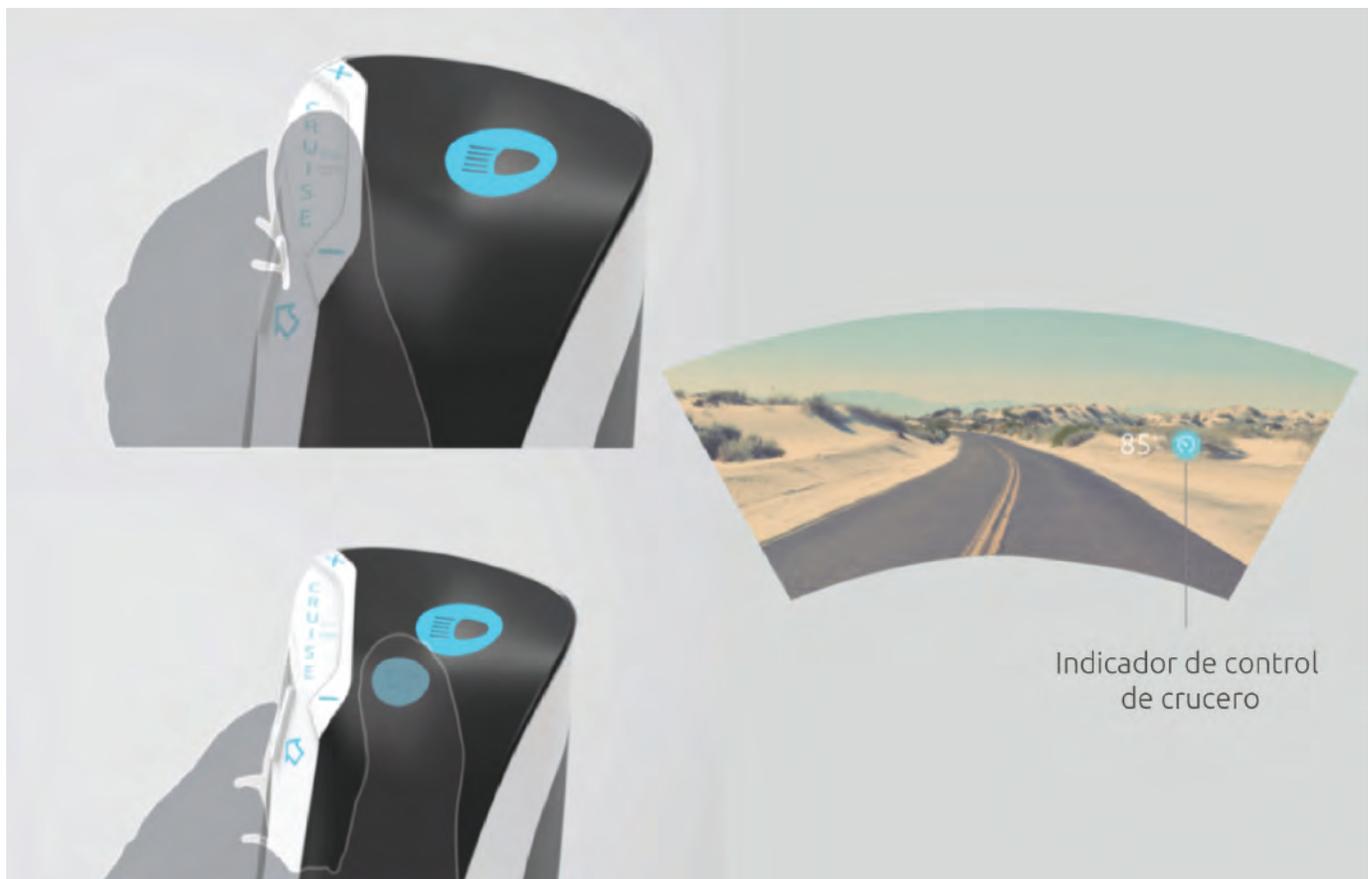


Figura 44. Botones del control de crucero e indicador en el HUD.

Los íconos de control de crucero se iluminan contra el fondo del botón. En el caso de la opción de *resume/cancel*, el fondo se ilumina para crear similitud con los elementos del panel *haptic touch* que afectan al estado del vehículo como la opción de cambio de luces.

Para relacionar la opción de *resume/cancel* con el resto de los íconos de control de crucero, se colocó cerca del área del botón, asociando así sus funciones por proximidad.

La decisión de color de los íconos se basa en las directrices de colores de la sección 3.7, ver figura 45.

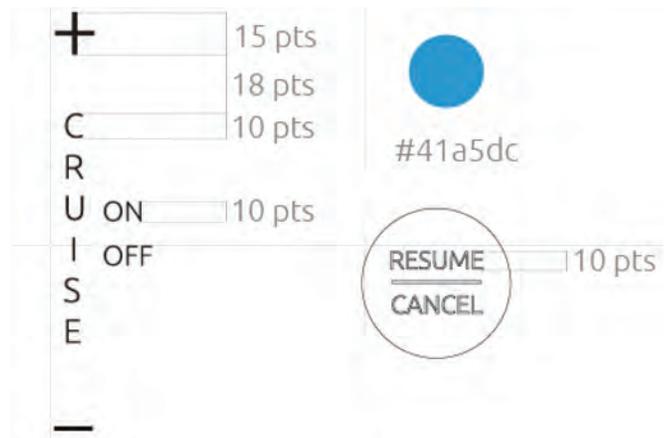


Figura 45. Color y tamaño del control de crucero.

6.1.8 Cambio de Luces

La función de cambio de luces se coloca en la superficie superior del controlador de dirección izquierda. Esta superficie es un panel *haptic touch* que da la retroalimentación del usuario cuando se presiona. La posición se basa en los resultados del *Physical Fitting Trial*, ver sección 5.4.4.

Para hacer cambio de luces, el usuario tiene que presionar el icono del luz alta, el fondo se enciende para crear semejanza a los elementos de los elementos táctiles hápticos de la interfaz que afectan el estado del vehículo. Las proporciones se basan en los requisitos legales mencionados en la sección 2.6. El tamaño no se especifica en las legislaciones aplicables para el símbolo, y por lo tanto el tamaño se definió con el fin de dar una clara visibilidad del símbolo. La decisión de color para el ícono se basa en las especificaciones de colores de la sección 3.7, ver figura 46.



Figura 46. Detalles del icono de cambio de luces.

6.1.9 Claxon

El claxon es un botón físico en la parte central de la consola. Esto le da al usuario la información táctil del mecanismo del botón cuando lo presiona. Cuando se pulsa el botón se activa el claxon, el botón esta se sobrepone a la superficie de la consola mejorando su visualización. La superficie del botón tiene dos iconos de bocina grabados y sus proporciones se basan en los requisitos legales mencionados en la sección 2.6. El tamaño no se especifica en las legislaciones aplicables para el símbolo, por lo que el tamaño se definió con el fin de una clara visibilidad del símbolo sin darle una alta jerarquía visual, ver figura 47.



Figura 47. Detalles del claxon.

6.2 Componentes

Se generó una configuración tentativa de los componentes que integran la interfaz, con el fin de proporcionar una guía general de la estructura global de los elementos. Esta configuración incluye una selección tentativa de materiales basada en los requisitos básicos necesarios para su función adecuada dentro del vehículo. El propósito de esta sección es proporcionar una guía general para la empresa en la búsqueda de materiales adecuados. Teniendo en mente la fuerza del material, sus cualidades visuales y hapticas así como los requisitos funcionales de los componentes a los que están asociados.

Los elementos de interfaz que pertenecen a la consola integran los siguientes elementos:

- Cubierta superior (A)
- Revestimiento protector (B)
- Pantalla táctil (C)
- Estructura principal (D)
- Pantalla táctil (E)
- Chip *haptic touch* (F)

Los elementos que integran la consola se pueden ver en la figura 48.

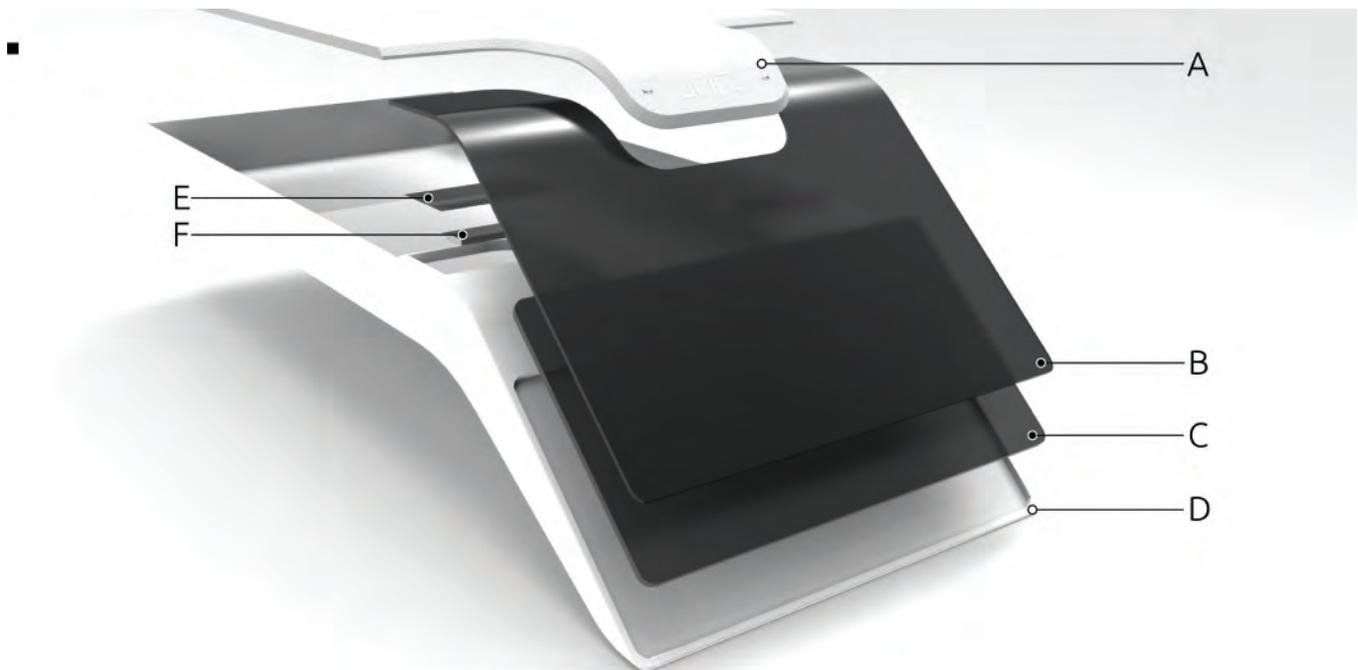


Figura 48. Componentes de la consola.

Los elementos de la interfaz que pertenecen a los controles de la dirección integran los siguientes elementos:

- Revestimiento protector (A)
- Botón (B)
- Componente del botón (C)
- Pantalla táctil (D)
- Estructura interna (E)
- Estructura principal (F)
- Superficie antiderrapante (G)
- Chip *haptic touch* (H)
- Control deslizante para las luces direccionales (I)

Los elementos que integran la consola pueden verse en la figura 49.



Figura 49. Componentes del control de la dirección.

6.2.1 Resistencia de materiales

Todas las fuerzas utilizadas para los cálculos de la resistencia del material se basan en el estudio de presión palmar y pinza digital (Mathiowetz et al., 1985). Las fuerzas convertidas para este análisis de fuerza fueron las más altas registradas en cada caso y transformadas de libras a newtons (N). Puesto que la superficie táctil recibe fuerzas aplicadas usando el pulgar, se aplicó una fuerza de 93,8 N (Mathiowetz et al., 1985, p 72). Por otra parte, la superficie principal del mango necesitaba resistir la fuerza de presión palmar de 610 N (Mathiowetz et al., 1985, p.72).

La región inicial del diagrama de tensión de deformación que se puede ver en la figura 50 se refiere como la región elástica. En este estado, si se retira la carga, el material recuperará su forma original. En otras palabras, no se hará daño al material (Hibbeler, 2017). Un ligero aumento de la tensión por encima del límite elástico resultará en una descomposición del material y hará que se deforme permanentemente -esto se denomina rendimiento- La tensión que provoca el rendimiento se denomina tensión de fluencia y la deformación que se produce se denomina deformación plástica (Hibbeler , 2017).

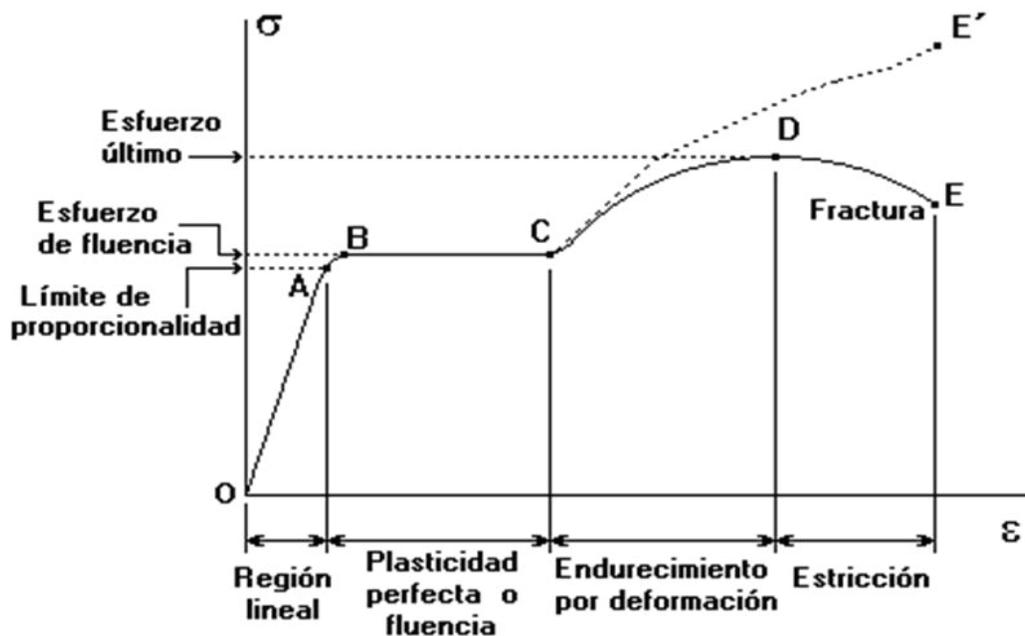


Figura 50. Diagrama de esfuerzo-deformación convencional para material dúctil.

La flexión en un material dúctil se produce cuando la energía de distorsión por unidad de volumen del material es igual o superior a la energía de distorsión por unidad de volumen del mismo material cuando se somete a un rendimiento en un simple ensayo de tensión. Esta teoría se denomina teoría de energía de distorsión máxima o criterio de von Mises (Hibbeler, 2017). Si los resultados del criterio de von Mises son inferiores a la resistencia de rendimiento del material, el material no superará el límite elástico y por lo tanto no sufrirá deformación plástica.

El uso de los controles de la dirección debe soportar las cargas aplicadas por el usuario permaneciendo en un estado elástico. Incluso en los casos en que se aplican fuerzas extremas, los controladores de dirección no deben sobrepasar el límite elástico del material. Por esta razón, las mayores fuerzas presión palmar y pinza digital registradas por Mathiowetz et al. (1985, página 72). Al comparar los resultados con el punto de rendimiento se puede asegurar que no se producirá deformación plástica durante el funcionamiento del sistema. Como se puede ver en la figura 51, la fuerza de pinza digital utilizada fue de 93,8 N. Esta fuerza se basa en un estudio sobre la presión palmar y pinza digital (Mathiowetz et al., 1985, p.72) y se localizó en la Y eje como una carga, mientras que las restricciones se situaron en los bordes de la pieza.

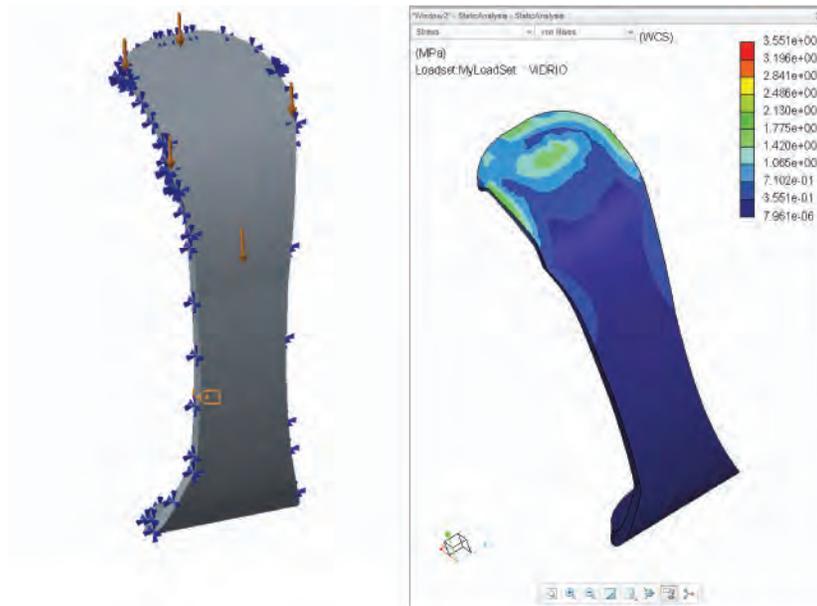


Figura 51. Fuerza aplicada sobre el revestimiento protector.

Un enlace conectará las asas a la consola, por lo que el plástico reaccionará como un conductor de fuerza. Dado que el enlace mecánico aún no estaba definido por Uniti AB, se calculó teniendo en cuenta las restricciones dentro del control. La fuerza aplicada fue de presión palmar máxima registrada 590 N y configurada como presión exterior, ver figura 52.

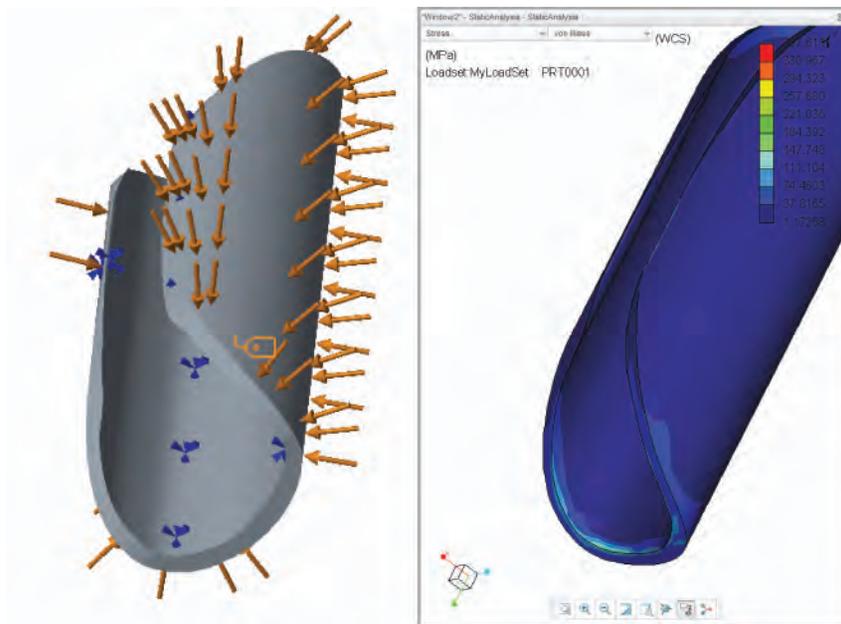


Figura 52. Fuerza aplicada sobre la estructura principal del control .

6.2.2 Implicaciones ambientales

La Interfaz del Uniti EV representa una reducción del número de componentes en comparación con los usados en los vehículos actuales, ver sección 3.1. En los vehículos actuales, el 25% de su material se considera desperdicio después de su vida funcional (Kanari, Pineau & Shallari, 2003). La substracción de componentes en el Uniti EV conlleva a una reducción de la cantidad de material utilizado para su fabricación, lo que representa una mejora en el impacto medioambiental del vehículo. Pero también, es un factor a considerar para seguir las regulaciones establecidas por la Comisión Europea. "La Directiva sobre vehículos de final de vida (VLE) obliga a los fabricantes a alcanzar la meta de reutilización y/o reciclabilidad de los nuevos vehículos al menos en un 85% y la reutilización y/o recuperación de al menos el 95% norma ISO 22620 "(Lipták & Eren, 2003: pág. 803).

7. Conclusión

Con el fin de proporcionar una conclusión para este proyecto, es necesario comparar el diseño final con la tabla de especificaciones, ver tabla 2. Después de comparar los resultados con los deseos y demandas que integran la especificación de diseño, se pudo ver que sólo uno no se integró plenamente en la solución final. Este deseo es la reducción de elementos físicos con el fin de mantener el contorno original de la interfaz tan cerca del número original de elementos como sea posible. Este deseo no se ha cumplido ya que se integraron los botones utilizados para control de cruce, limpiaparabrisas y claxon, así como los dos interruptores deslizables para las luces direccionales.

A pesar de que la interfaz de modo dual respondió a este deseo, comprometió los requisitos enfocados al usuario especificados en la tabla 2. La interfaz de modo dual generó confusión y los participantes encontraron complicado operarla, incluso al recibir una explicación sobre su uso. Tal vez esto podría estar relacionado con la diferencia significativa que el esquema general de la interfaz de Uniti EV ya tiene con la interfaz convencional que se encuentra en la mayoría de los vehículos. Por consecuencia, esto genera una sobrecarga de nueva información que debe ser adquirida con el fin de utilizar esta interfaz correctamente. Tener una interfaz de múltiples canales tiene varios beneficios que podrían generar nuevas y futuristas formas de interactuar con los sistemas de control de un vehículo. Sin embargo, la habituación al esquema general de la interfaz podría ser necesaria para que esto suceda.

Además, se puede ver que la interfaz convencional para el vehículo tiene varios elementos que no tienen conexión con la experiencia previa de un nuevo usuario. Por lo tanto, las soluciones que integran la interfaz creada para este proyecto se centran en dar importancia al usuario basándose en su experiencia previa y reconocimiento de patrones. El desarrollo de la interfaz requiere tiempo y debe adaptarse a las necesidades, expectativas y conocimientos de los usuarios. Durante el proceso, se identificaron varios problemas en los conceptos y esto podría proporcionar más orientación a la empresa para evitar decisiones que podrían crear problemas de usabilidad.

El objetivo del proyecto era crear una solución basada en un producto que integrase las entradas y salidas de los sistemas de control operados durante la conducción. Para cumplir con este objetivo, es necesario reflexionar sobre los objetivos del proyecto en la sección 1.3. Los requisitos funcionales para los sistemas de control se cumplieron teniendo en cuenta las legislaciones aplicables y los factores tecnológicos. Los sistemas de control se integraron dentro del esquema general establecido por Uniti AB, mientras que se logró una integración estética agradable a los elementos originales de la interfaz.

En este sentido, la interfaz siguió los principios de estética futurista, y la interacción con los sistemas de control es distinta a la interfaz tradicional que utiliza palancas. Además, después de varias iteraciones impulsadas por la retroalimentación de usuarios, las funciones de la interfaz fueron reconocidas y activadas por los usuarios sin complicaciones. Esto llevó a un impacto positivo en la usabilidad de la interfaz, seguridad y UX. La geometría de los controles de dirección y los componentes electrónicos internos están actualmente en desarrollo y por lo tanto sólo se ha generado una configuración tentativa de las de los elementos físicos de la interfaz. Como consecuencia, los dibujos técnicos 2D y la evaluación de la sostenibilidad de los componentes no se pudieron lograr.

8. Discusión

Trabajar con Uniti AB proporcionó una visión realista sobre los requisitos para el diseño de la interfaz, además, proporcionó una visión sobre la complejidad de los equipos transdisciplinarios trabajando en paralelo para lograr un objetivo común. Esto presentó un reto que tuvo un impacto directo en el resultado del proyecto. En el lado positivo hubo un gran aporte por parte de los diferentes equipos que trabajan en la empresa. En el lado negativo, el trabajo en paralelo llevó a la resolución de algunos elementos de la interfaz sin tener conocimiento del resto de las restricciones del vehículo que se estaban diseñando al mismo tiempo.

El nivel de especificidad de la tabla de especificaciones de diseño podría haberse incrementado en algunas áreas, véase la tabla 2. Es el caso de la especificación número 2 con respecto a las medidas específicas a seguir para evitar problemas de incomodidad de las manos. Durante la generación de la tabla de especificaciones, las interacciones de las funciones aún no estaban definidas. Debido a ello no fue posible definir un conjunto de medidas a seguir para colocar los elementos. Por lo tanto, no fue hasta que el diseño había pasado por varias iteraciones y las soluciones se habían entendido, cuando se definió la posición cómoda de los sistemas de control.

El nivel de especificidad de la especificación 8 también podría haber aumentado si los elementos completos relacionados con la interfaz ya hubieran sido desarrollados por la empresa en el momento de la creación de la tabla. En este sentido, tener un contorno más específico de la interfaz podría haber ayudado a la hora de definir las soluciones.

En el momento en que se hizo la especificación número 9, el nivel de especificidad era demasiado vago. Debido a ello, no fue hasta que se realizaron pruebas formativas de usuario cuando se definió el número de símbolos necesarios para la comprensión del sistema de control.

Como consecuencia de la falta de antecedentes teóricos y prácticos en el diseño de interfaces, se dedicó una cantidad considerable de tiempo a la investigación sobre los elementos básicos de UX e UI. El tiempo empleado en esta parte del proyecto podría haberse utilizado para perfeccionar los procedimientos de prueba y el tamaño de las muestras utilizadas para la validación de la interfaz. Tener un mayor número de participantes podría haber proporcionado más validez a la prueba sumativa informal mencionada en la sección 5.5. La limitación de tiempo fue el factor que tuvo mayor peso en el tamaño de la muestra de ensayo.

El tiempo fue también un factor decisivo para el tamaño de la muestra del *Physical Fitting trial* mencionado en la sección 5.4.4. El *Physical Fitting trial* podría haber incluido participantes que eran representativos de percentiles más extremos. Esta inclusión podría proporcionar una manera de asegurar el posicionamiento de las funciones sobre la base de un patrón que considerase un rango más amplio de la población. Sin embargo, sólo hay una diferencia de 6 mm entre el percentil 70.4 y el percentil 95.4 con respecto a la longitud del pulgar masculino del conjunto de la población definida, basado en la base de datos de Peoplesize 2008.

El método Mago de Oz proporciona una forma sencilla de simular elementos interactivos complejos, como la interfaz de modo dual para los controladores de dirección. Sin embargo, tener acceso a instalaciones de simulación podría haber proporcionado una validez ecológica más precisa a las pruebas sumativas informales que las secuencias de vídeo utilizadas para simular escenarios de la vida real para el uso de los sistemas de control. Las pruebas formativas utilizando el protocolo *Think Aloud* proporcionaron información relevante para las decisiones tomadas para nuevas iteraciones; de hecho, la realización de estas pruebas sin dar a los usuarios una indicación directa hacia el uso de ciertas funciones llevaron a la inclusión de parpadeo de los faros. Esta función no fue identificada debido al control automático de los faros del vehículo y por lo tanto no se realizó ningún análisis de la tarea con respecto al uso de los faros.

El desarrollo del sistema de control de crucero generó conflictos iniciales debido a la cantidad de funciones y su diversidad en los diferentes vehículos. Después de analizar los diferentes sistemas de control de crucero, se identificaron las funciones esenciales y, como resultado, se simplificó el mapeo del control de crucero. Una de las funciones que se eliminó del control de crucero es la regulación de la distancia de vehículo a vehículo. Esto se decidió teniendo en cuenta que los usuarios pueden establecer una distancia que podría ser apropiada para el uso de la ciudad, pero no para la carretera. En este sentido, esta restricción evita esta cuestión al dar a los sistemas de detección del vehículo el control de la distancia. Otro aspecto interesante al desarrollar las funciones de control de crucero fue comparar los resultados de las pruebas de usabilidad con los resultados presentados en la literatura con respecto al uso de funciones específicas. La función de cancelación del control de crucero se informó como una función que no se utilizó a menudo cuando se compara con el resto de las funciones, en lugar de usar esta función, los usuarios tienden a frenar para desactivar el control de crucero (Rakha et al., 2001).

Los resultados de la prueba formativa indicaron un patrón de uso similar. Independientemente de la falta de uso de esta función, se decidió incluirla porque su inclusión no requirió la adición de un elemento interactivo separado porque podría colocarse en el mismo elemento que pertenecía a la función de reanudación. Por lo tanto, proporcionar a los usuarios la opción de utilizarlo para cancelar el control de cruce, además de cancelar por frenado.

El flujo de trabajo de la interfaz del cambio de marchas también fue un aspecto interesante para resolver. En las iteraciones tempranas, la solución carecía de un indicador que comunicaba a los usuarios dónde encender el vehículo y esto generaba confusión y aumentaba la dificultad de su funcionamiento. Por lo tanto, se decidió incluir este indicador, pero su inclusión también implicó consideraciones adicionales relacionadas con el flujo de trabajo de este sistema. Al principio, se decidió colocar esta función en el elemento *park* como una forma de proporcionar a los usuarios una forma de arrancar el vehículo y comenzar a conducir inmediatamente después. Después de reflexionar sobre el flujo de trabajo, se decidió moverlo al elemento de *park* como una forma de proporcionar un estado en el que las funciones que no estén relacionadas a la conducción del vehículo pudieran ser operadas mientras permanecieran en modo de estacionamiento.

Uniti AB aún no ha definido las ubicaciones de su planta de fabricación. Por lo tanto, no se pudo generar un análisis del ciclo de vida (ACV), ya que el software *CES Edupack* requiere información sobre la distancia de transporte de material. Sin embargo, en la sección 6.2 se generó una guía general para la empresa con respecto a la selección de materiales. Tener información más definida sobre los materiales que la compañía está planeando usar, así como información sobre las instalaciones de fabricación podría haber proporcionado la información necesaria para evaluaciones ambientales detalladas. Independientemente de la ausencia de una evaluación ambiental, el esquema general de la interfaz así como los elementos definidos para los sistemas de control indican una reducción significativa de elementos en comparación con la interfaz tradicional de un vehículo. Algunos de los elementos tales como los paneles haptic touch tienen la flexibilidad de adaptar nuevas funciones y como consecuencia, esto evita la inclusión de elementos físicos que implican el uso de más materiales.

9. Desarrollo Posterior

Como el tiempo para el proyecto era limitado y se desarrolló en paralelo con otros componentes del vehículo hay varios aspectos que se pueden desarrollar en el futuro. El más importante es la validación de la interfaz en interacción con el resto de los elementos del vehículo. La interacción de la interfaz con el resto de los sistemas es esencial para el enfoque UX. En este caso, la distancia al asiento y la altura del asiento tienen una relación con la visibilidad apropiada de los elementos dentro de la interfaz. Una vez que estos elementos se incluyan para la validación de la interfaz, es importante aumentar la fidelidad de la validación. Incluir una simulación del contexto puede aumentar la fidelidad, ya que este es un elemento clave para UX.

La inclusión del sistema *eCall* mencionado en la sección 2.6 debe ser considerada debido a su implementación para el año 2018. Generar el diseño de los componentes físicos de la interfaz; contemplando los componentes electrónicos actuales que se van a utilizar y por lo tanto diseñar los montajes adecuados para ellos. Por último, también es necesario generar evaluaciones ambientales para definir los materiales con un impacto ambiental más bajo teniendo en cuenta los requisitos para el correcto funcionamiento y sensación de la interfaz.

Referencias

- Azamfirej, V. and Preciado, D. (2017). Interface Design for Driver Operated Control Systems. [online] Skövde: University of Skövde. Available at: http://his.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=4258&pid=diva2%3A1119444&c=38&searchType=SIMPLE&language=en&query=&af=%5B%22language%3Aeng%22%2C%22personOrgId%3A14653%22%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=relevance_sort_desc&sortOrder2=title_sort_asc&onlyFullText=false&sf=undergraduate [Accessed 1 Apr. 2018].
- Bhise, V. (2012). Ergonomics in the automotive design process. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press.
- BMC, (2014), BMC Impec Concept [ONLINE]. Available at: <https://comunidadciclismo.com/wp-content/uploads/2014/09/BMC-Impec-Concept-2015.jpg> [Accessed 21 June 2017].
- Borup, M., Brown, N., Konrad, K. and Van Lente, H. (2006) 'The sociology of expectations in science and technology', *Technology Analysis & Strategic Management*, 18(3-4), pp. 285–298. doi: 10.1080/09537320600777002.
- Buxton, B. (2011). Sketching user experiences. Amsterdam [u.a.]: Morgan Kaufmann.
- Cassidy, T. (2011) 'The mood board process modeled and understood as a qualitative design research tool', *Fashion Practice The Journal of Design Creative Process & the Fashion Industr*, 3(2), pp. 225–252. doi: 10.2752/175693811x13080607764854.
- Commission delegated regulation (EU) 2017/79 of 12 September 2016 establishing detailed technical requirements and test procedures for the EC type-approval of motor vehicles with respect to their 112-based eCall in-vehicles systems, of 112-based eCall in-vehicle separate technical units and components and supplementing and amending Regulation (EU) 2015/758 of the European Parliament and of the Council with regard to the exemptions and applicable standards.
- Commission delegated regulation (EU) No 3/2014 of 24 October 2013. supplementing Regulation (EU) No 168/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle functional safety requirements for the approval of two- or three-wheel vehicles and quadricycles.
- Cooper, A., Reimann, R. and Cronin, D. (2013). About face 3. 1st ed. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Corning.com. (2017). Automotive Interiors | Corning Gorilla Glass. [online] Available at: <https://www.corning.com/gorillaglass/worldwide/en/applications/automotive/automotive-interiors.html> [Accessed 17 May 2017].
- Cross, N. (2008). Engineering Design Methods. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- EPA, U. (2017) Sources of greenhouse gas emissions. Available at: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions> (Accessed: 27 February 2017).
- Garrett, J. (2011). The elements of user experience. Berkeley, Calif.: New Riders. Gkikas, N. (2016). Automotive Ergonomics. 1st ed. Boca Raton: CRC Press.

Goh, Y. and Case, K. (2016). *Advances in manufacturing technology XXX*. Amsterdam: IOS Press.

HALL, R.R. (2001) 'Prototyping for usability of new technology', *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), pp. 485–501. doi: 10.1006/ijhc.2001.0478.

Hartson, Rex, and Pardha S Pyla. *The UX Book*. 1st ed. Amsterdam: Morgan Kaufmann, 2016. Print.
Hibbeler, R. (2017). *Mechanics of materials*. Boston: Pearson.

Iio, J., Iizuka, S. and Matsubara, H. (2014) 'The Database on Near-Future Technologies for User Interface Design from SciFi Movies', in Marcus, A. (ed.) *Design, user experience, and usability: Theories, methods, and tools for designing the user experience: Third international conference, Duxu 2014, held as part of the HCI international 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22-27, 2014, proceedings: Part I*. Switzerland: Springer International Publishing AG.

Issa, T. and Isaias, P. (2015) *Sustainable design: HCI, usability and environmental concerns: 2015*. United Kingdom: Springer London.

J. Wilson, D. Rosenberg (1988) "Rapid prototyping for user interface design." In *Handbook of Human-Computer Interaction*, pp. 859-875, M. Helander ed., New York, North-Holland.
63

Kanari, N., Pineau, J. and Shallari, S. (2003). End-of-life vehicle recycling in the European Union. *JOM*, 55(8), pp.15-19.

Kirwan, B. (1992) *Guide to task analysis the task analysis working group*. Edited by L K Ainsworth. London: Taylor & Francis Group.

Lipták, B. and Eren, H. (2003). *Instrument engineers' handbook*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis.

Maguire, M. (2001) 'Methods to support human-centred design', *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), pp. 587–634. doi: 10.1006/ijhc.2001.0503.

Mathiowetz, V., Kashman, N., Volland, G., Weber, K., Dowe, M. and Rogers, S., 1985. Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 66(2), pp.69-74.

McNamara, N. and Kirakowski, J. (2006). Functionality, usability, and user experience. *interactions*, 13(6), p.26. doi: 10.1145/1167948.1167972.

Mitchell, W., Borroni-Bird, C. and Burns, L. (2015). *Reinventing the automobile*. 1st ed. Cambridge: The MIT Press.

Nielsen, J. (2017). 10 Heuristics for User Interface Design: Article by Jakob Nielsen. [online]

Nngroup.com. Available at: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> [Accessed 9 May 2017].

Nngroup.com. (2017). Focus Groups in UX Research: Article by Jakob Nielsen. [online] Available at: <https://www.nngroup.com/articles/focus-groups/> [Accessed 9 Jun. 2017].

Nngroup.com. (2017). Medical Usability: How to Kill Patients Through Bad Design. [online] Available at: <https://www.nngroup.com/articles/medical-usability/> [Accessed 6 Jun. 2017].

Nngroup.com. (2017). The Definition of User Experience (UX). [online] Available at: <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/> [Accessed 9 Jun. 2017].

Norman, D.A. (2013) The design of everyday things: Revised and expanded edition. New York: Basic Books.

OMAE, M., FUJIOKA, T., HASHIMOTO, N. and SHIMIZU, H. (2006). THE APPLICATION OF RTK-GPS AND STEER-BY-WIRE TECHNOLOGY TO THE AUTOMATIC DRIVING OF VEHICLES AND AN EVALUATION OF DRIVER BEHAVIOR. IATSS Research, 30(2), pp.29- 38.

Pasaoglu, G., Fiorello, D., Martino, A., Scarcella, G., Alemanno, A., Zubaryeva, C. and Thiel, C. (2012). Driving and parking patterns of European car drivers. 1st ed. Luxembourg: Publications Office.

Pheasant, S. and Haslegrave, C. (2005). Bodyspace. 1st ed. London: CRC Press.

Polycomp. (2017). FKM rubber compounds. [online] Available at: https://www.polycomp.nl/productssolutions/hpe/fkm/?gclid=CjwKEAajw6e_IBRDvorfv2Ku79jMSJAAuiv9Yal4nllT5xN16KkS_h1B486V-jKrelxGgn7fKypi61xoCaFvw_wcB [Accessed 17 May 2017].

Rakha, H., Hankey, J., Patterson, A. and Aerde, M. (2001). Field Evaluation of Safety Impacts of Adaptive Cruise Control. ITS Journal - Intelligent Transportation Systems Journal, 6(3), pp.225-259.

Regulation (EU) No 168/2013 of the European parliament and of the council of 15 January 2013 on the approval and market surveillance of two- or three-wheel vehicles and quadricycles.

Rogers, Y., Sharp, H.M. and Preece, J. (2011) Interaction design: Beyond human - computer interaction. 3rd edn. Oxford, United Kingdom: John Wiley & Sons.

Rubin, J. and Chisnell, D. (2008). Handbook of usability testing. 1st ed. Indianapolis, IN: Wiley Pub., Inc.

Sauro, J. and Lewis, J. (2012). Quantifying the user experience. Waltham, MA: Elsevier/Morgan Kaufmann.

Shedroff, N. and Noessel, C. (2012) Make it so: Interaction design lessons from science fiction. United States: Rosenfeld Media.

Shneiderman, B. and Plaisant, C. (2005). Designing the user interface. Boston: Pearson/Addison Wesley.

Tan, H. and Pentland, A. (1997). Tactual displays for wearable computing. Personal Technologies, 1(4), pp.225-230.

Thomson, (2017). Steer-by-Wire Systems with Integrated Torque Feedback Improve Steering Performance and Reduce Cost (letter). [online] Available at: http://www.thomsonlinear.com/downloads/articles/Steer_by_Wire_Systems_Integrated_Torque_Feedback_taeen.pdf [Accessed 21 Jun. 2017].

Trame, J., Keßler C., 2011. Exploring the lineage of volunteered geographic information with heat maps. In: Proceedings of GeoViz: Linking Geovisualization with Spatial Analysis and Modeling, 10-12, Hamburg, Germany.

Walker, G.H., Stanton, P.N.A. and Salmon, P.P.M. (2015) Human factors in automotive engineering and technology. United Kingdom: Ashgate Publishing.

IMÁGENES:

Apple, (2016), iPhone 7 [ONLINE]. Available at:
http://macworld.idg.se/polopoly_fs/1.665017.1473273459!teaserImage/imageTypeSelector/localImage/1784483707.jpg [Accessed 21 June 2017].

Apple, (2016), iPhone cover [ONLINE]. Available at: https://store.storeimages.cdn-apple.com/4662/as-images.apple.com/is/image/AppleInc/aos/published/images/M/KY/MKY02/MKY02?wid=572&hei=572&fmt=jpeg&qlt=95&op_sharpen=0&resMode=bicub&op_usm=0.5,0.5,0,0&iccEmbed=0&layer=comp&.v=H-3LJ0 [Accessed 21 June 2017].

Apple, (2016), Macbook Pro [ONLINE]. Available at:
<https://p1.akcdn.net/full/334913827.apple-macbook-pro-15-z0rf000bs-bg.jpg> [Accessed 21 June 2017]. Carcanyon, (2017), Car Dashboard [ONLINE]. Available at:
http://freedesignfile.com/upload/2013/02/0024920a_medium41.jpg [Accessed 27 June 2017].

Carcanyon, (2017), Car Dashboard [ONLINE]. Available at:
http://freedesignfile.com/upload/2013/02/0024920a_medium41.jpg [Accessed 27 June 2017].

HUD, (2017), Holographic HUD [ONLINE]. Available at: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/58/b3/76/58b3766c89fa6356bf8221b9b11fc1f8.jpg> [Accessed 27 June 2017].

Pantone, (2017), Pantone [ONLINE]. Available at:
<http://badauemodafesta.com.br/site/wp-content/uploads/2016/04/post-badauê-BLOG-Destaque-PANTONE.jpg> [Accessed 21 June 2017].

Rick Owens, (2013), WOMEN'S RICK OWENS SNEAKERS ADIDAS COLLABORATION [ONLINE]. Available at:
<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/564x/2e/d2/ac/2ed2ac5a51b0f11737a9670a6730bdfe.jpg> [Accessed 21 June 2017].

Samsung, (2017), Samsung VS60K6050KW/SB [ONLINE]. Available at:
<https://s1.euronics.ee/UserFiles/Products/Images/152992-4.png> [Accessed 21 June 2017].

Sana, (2017), Sana Sleep Mask [ONLINE]. Available at: <https://freshersmag.com/wp-content/uploads/2017/02/Sana-Sleep-Mask-FreshersMag-08.jpg> [Accessed 21 June 2017].

Teslavangelist (2015) Tesla Model S adaptive cruise control explanation and demonstration 70D. [online] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=yZO5PjeLmnE&t=485s> [Accessed 20 Jun. 2017].

Ubuntu, (2011), Ubuntu typography [ONLINE].
at: <http://ulyssesonline.com/wp-content/uploads/2010/12/ubuntufont-e1292957888924.jpg> [Accessed 21 June 2017].

Uniti AB, (2016), Uniti EV [ONLINE].
at: http://1gtdl28x8fv3qef1k19jnfr1.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/03/uniti01_front02thin.jpg [Accessed 21 June 2017].

Uniti AB, (2016), Uniti EV [ONLINE].

at: http://1gtdl28x8fv3qef1k19jnfr1.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/03/front_02_lights_on-nobg-1024x662.png [Accessed 2017].

Uniti AB, (2016), Uniti EV [ONLINE].

at: http://1gtdl28x8fv3qef1k19jnfr1.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/12/final_uniti_anim_00.01.png [Accessed 21 June 2017].

Uniti AB, (2016), Uniti EV [ONLINE]. Available at: http://scm.dk/sites/default/files/Uniti_elbil.jpg [Accessed 21 June 2017].

Vision HUD, (2017), Head Up Display Android [ONLINE]. Available at:

http://www.tecnofonia.net/wp-content/uploads/2014/08/navdy_head-up-display.jpg [Accessed 27 June 2017].

Ziiiro, (2017), Ziiiro watch [ONLINE]. Available at:

http://www.tutunca.es/media/catalog/product/cache/1/small_image/300x300/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/r/e/xreloj_ziiiro_mercury_acero_negro_azul3.png.
pagespeed.ic.-HdKHDMyjQ.png [Accessed 27 June 2017].

Glosario

Análisis del ciclo de vida (ACV). Es un marco metodológico para estimar y evaluar los impactos medioambientales atribuibles a un producto o servicio durante todas las etapas de su vida.

Crowdfunding. Este sistema se da mediante plataformas destinadas. El objetivo consiste en recaudar fondos para que algunas personas entren como inversores y financien mediante pequeñas cantidades de dinero los proyectos publicados.

Diseño centrado en el humano (HCD). Es una metodología cuyo enfoque pone primero las necesidades humanas, las capacidades y el comportamiento y luego diseña para acomodar esas necesidades, capacidades y maneras de comportarse.

Distribución binomial. Es una distribución discreta que modela el número de eventos en un número de ensayos fijo. Cada ensayo tiene dos resultados posibles, y evento es el resultado de interés en un ensayo.

eCall. Es un sistema de llamada de emergencia integrado en el vehículo capaz de conectarse con el punto de atención de llamadas de emergencia más apropiado, en caso de detección de un potencial accidente (de forma automática) o en caso de activación manual por los ocupantes del vehículo.

Evaluación formativa. Este tipo de evaluación es principalmente diagnóstica, se trata de recolectar datos cualitativos para identificar y solucionar los problemas en la interfaz y sus causas en el diseño.

Evaluación sumativa. Se refiere a la recopilación de datos cuantitativos para evaluar el nivel de calidad de un diseño, y es especialmente para evaluar la mejoría en la UX.

Experiencia de usuario (UX). La UX requiere el cumplimiento exacto de las necesidades del cliente, se centra en proporcionar productos que son una alegría de poseer y usar

Focus Group. Es un método o forma de recolectar información necesaria para una investigación, que consiste en reunir a un pequeño grupo de personas (generalmente de 6 a 12 personas) con el fin de entrevistarlas y generar una discusión en torno a un producto o servicio.

Haptic touch. La comunicación háptica o kinestésica recrea el sentido del tacto aplicando fuerzas, vibraciones o movimientos al usuario.

Heatmap. Herramienta visual que proporciona una guía visual intuitiva de la intensidad de un fenómeno con respecto a una región espacial.

Interfaz de usuario (UI). Se centra en seleccionar los elementos adecuados para la tarea que el usuario está tratando de lograr y organizarlos de una manera que sea fácil de entender y fácil de usar.

Interfaz Humano Máquina (IHM). La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina.

Kinestésico. El sentido kinestésico está relacionado con la percepción del movimiento y del tacto, este se encarga de informar al cerebro de los movimientos que hacemos, además nos proporciona la conciencia corporal, que utilizamos para calcular los movimientos adecuados y no tropezarnos con lo que nos rodea.

L7e-C. Un vehículo con cuatro ruedas cuya masa en vacío no sea superior a 400 kg para vehículos destinados a transportar mercancías), sin incluir la masa de baterías y cuya potencia máxima nominal continua no supera los 15 kW.

Matriz morfológica. El procedimiento de matriz morfológica consiste en descomponer un concepto, situación, idea, problema en sus elementos esenciales o básicos. Con sus características o atributos se construye una matriz que permitirá multiplicar las relaciones entre tales partes.

Memoria a corto plazo (MCP). La MCP es un almacén de memoria en la que se almacena una pequeña cantidad de información durante un espacio de tiempo muy breve. La capacidad de almacenamiento de la MCP es muy limitada.

Memoria a largo plazo (MLP). La MLP contiene información no solo sobre nuestras experiencias personales sino también sobre una enorme cantidad de datos, hechos y sucesos diferentes de nuestras propias experiencias. La MLP no está sujeta al concepto de capacidad, repetición y distracción. Es una memoria de habilidades relacionada con el saber hacer cosas.

Modelos Humanos Digitales (DHM). El objetivo de los modelos humanos digitales es simular con precisión la interacción hombre-máquina con la tecnología. Permiten visualizar los movimientos en 3D y calcular o evaluar las limitaciones físicas.

Moodboards. Son herramientas utilizadas por los diseñadores para reunir datos visualmente incongruentes para promover inspiraciones con el fin de desarrollar productos finales adecuados.

Occupant packaging. Es el proceso de diseñar el interior de un vehículo para lograr los niveles de ajuste deseados, comodidad y seguridad para los ocupantes. Su enfoque principal es la estación de trabajo del conductor.

Performance Specification. Requisito escrito que describe los criterios de rendimiento funcional requeridos para un equipo, material o producto en particular.

Physical Fitting Trial. Es un estudio experimental en el que una muestra de sujetos utiliza un prototipo ajustable de una estación de trabajo para hacer juicios sobre si una dimensión particular es "demasiado grande", "demasiado pequeña" o "justa".

Servo motor. Un servo motor es un tipo especial de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición.

Sistema de visualización heads-up (HUD). Es una pantalla transparente que presenta información al usuario de tal forma que éste no debe cambiar su punto de vista para ver dicha información.

Steer-by-wire (SBW). El sistema steer-by-wire (SBW) convierte las entradas de información del conductor en una señal que controla los servo motores eléctricos. Estos dispositivos son los que dirigen las ruedas en lugar del enlace mecánico entre el volante y las llantas.

Task Analysis. Este método se puede definir como el estudio de lo que se requiere que un usuario haga en términos de acciones y/o procesos cognitivos para lograr una tarea.

Técnica del Mago de Oz. La técnica consiste en crear la ilusión de un sistema de trabajo, pero el sistema es controlado por un "mago" humano que realiza las acciones del sistema.

Think Aloud. La técnica de Think Aloud es una técnica cualitativa de recolección de datos en la que los participantes de los usuarios externalizan verbalmente sus pensamientos sobre su experiencia de interacción, incluyendo sus motivos, racionales y percepciones de los problemas con la interfaz.

Apéndices

Appendices

Appendix A

Task Analysis of control systems

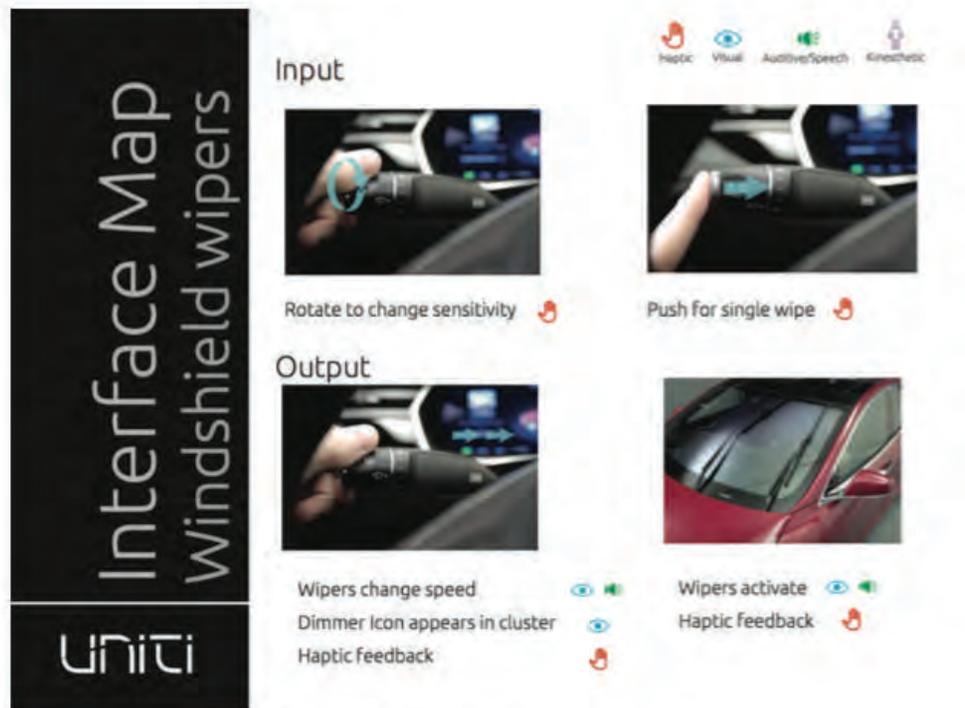


Figure A1. Windshield wipers

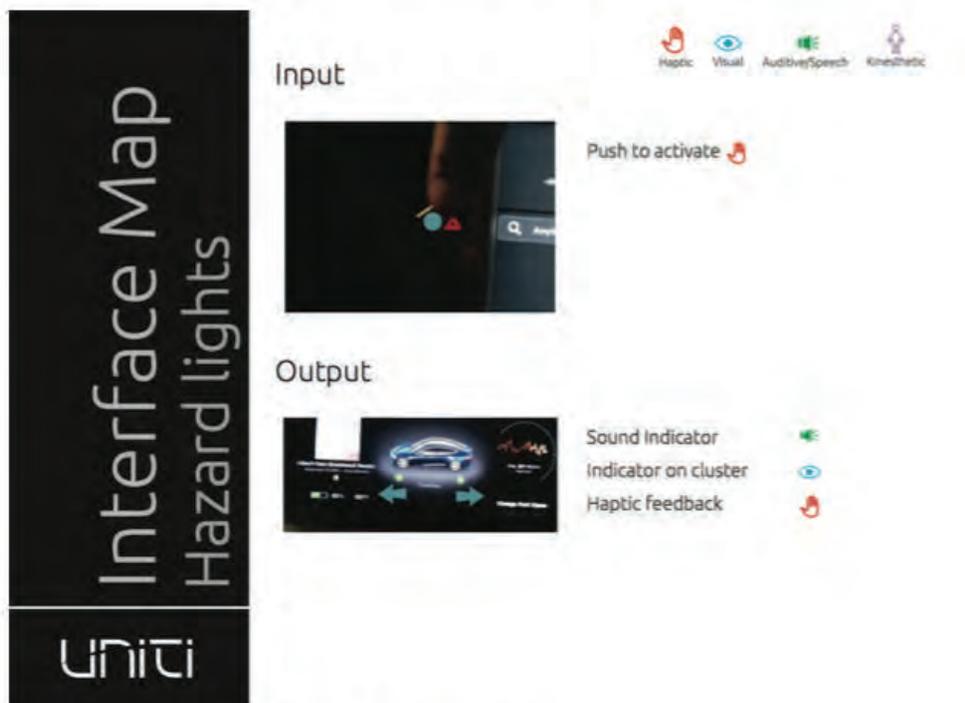
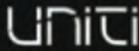


Figure A2. Hazard lights

Interface Map
Turn signals



Input



Push up 



Push down 

Output



- Right blinker starts flashing 
- Light indicator in the cluster 
- Sound indicator 
- Haptic feedback 



- Left blinker starts flashing 
- Light indicator in the cluster 
- Sound indicator 
- Haptic feedback 

Figure A3. Turn signals

Interface Map
Gear Shifting



Input



- Step on brake 
- Rotate to select 



Output



- Gear change 
- Haptic feedback 
- Color change 

Figure A4. Gear shifter

Interface Map
Interface control




Figure A5. Interface controls

Interface Map
Audio controls




Figure A6. Audio controls

Interface Map Horn

Uniti

Haptic
 Visual
 Auditive/Speech
 Kinesthetic

Input
 Push

Output
 Sound
 Haptic feedback

Figure A7. Horn

Interface Map Cruise control

Uniti

Haptic
 Visual
 Auditive/Speech
 Kinesthetic

Input

Push to activate cruise control	Turn to adjust distance	Push out	Pull in	Push up/down	Push and hold up/down

Output

Activates Cruise Control	Adjusts distance	Resets speed	Activates Adaptive Cruise Control	Secondary increases speed by 1 Mph	Resets/Increases speed by 5mph
Haptic feedback	Haptic feedback	Haptic feedback	Haptic feedback	Haptic feedback	Haptic feedback
Indicator on cluster	Indicator on cluster	Indicator on cluster	Indicator on cluster	Indicator on cluster	Indicator on cluster

Figure A8. Cruise control

Appendix B

User test results

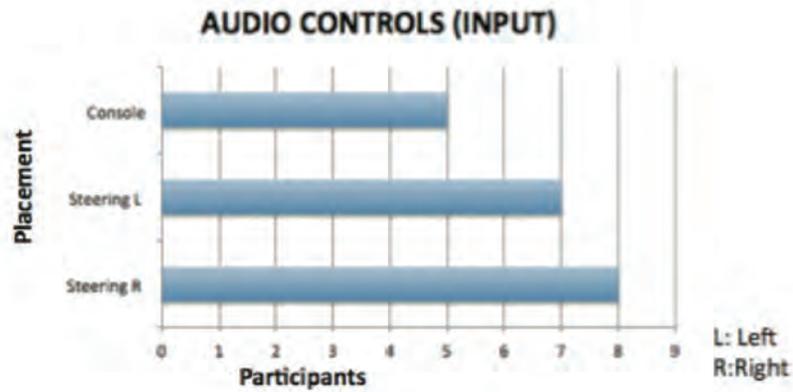


Figure B1. Audio controls input

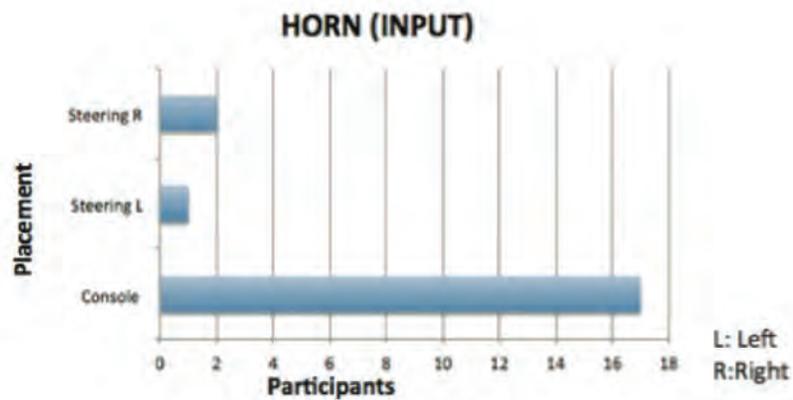


Figure B2. Horn input

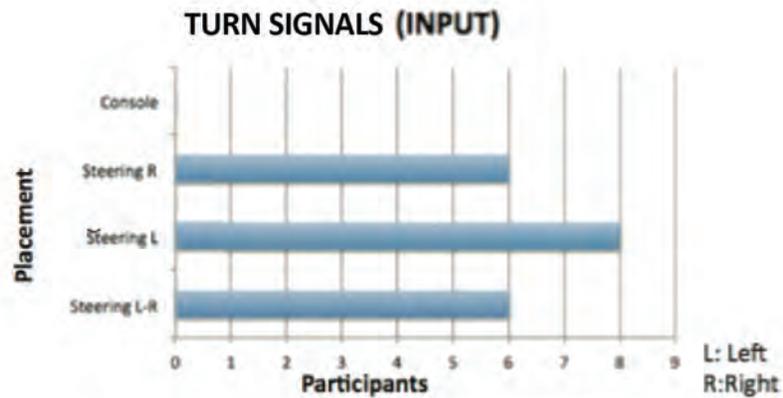


Figure B3. Turn signals input

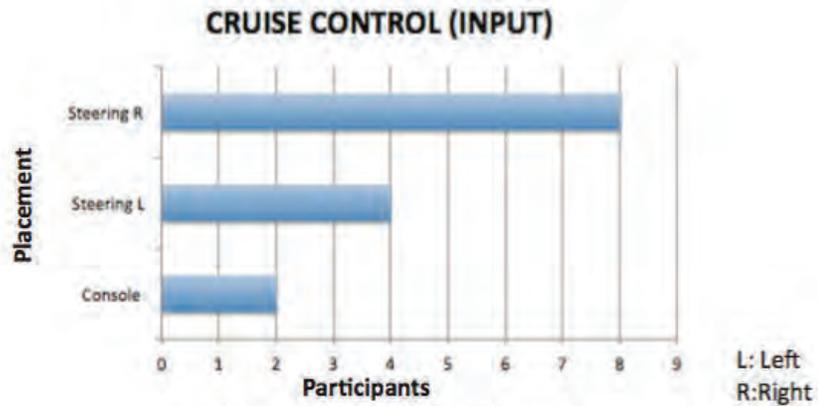


Figure B4. Cruise control input

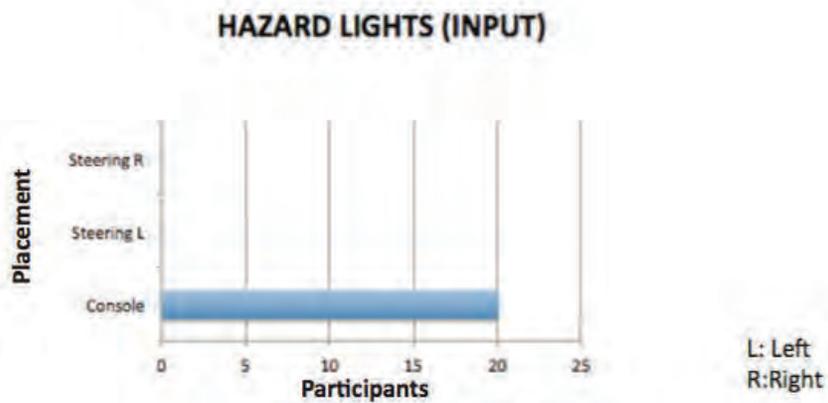


Figure B5. Hazard Lights input

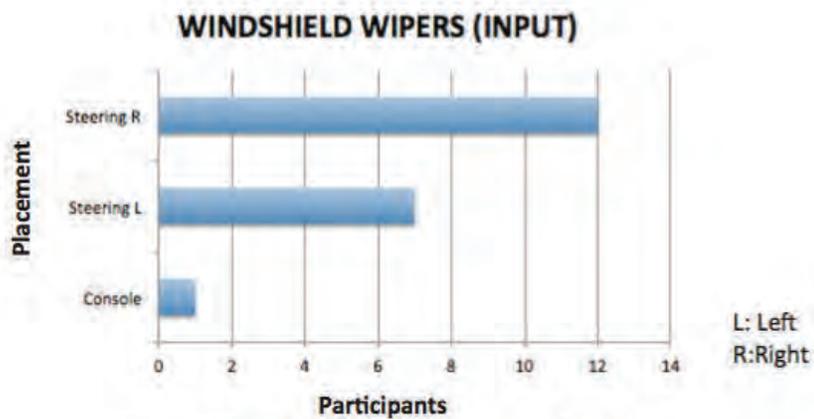


Figure B6. Windshield wipers Input

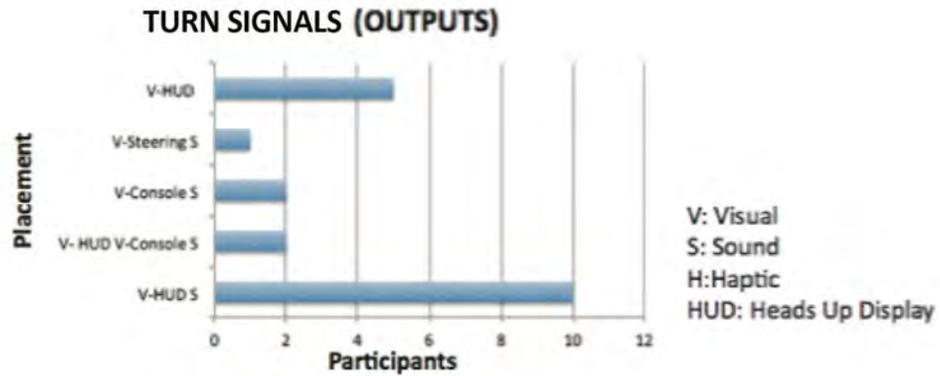


Figure B7. Turn signals output

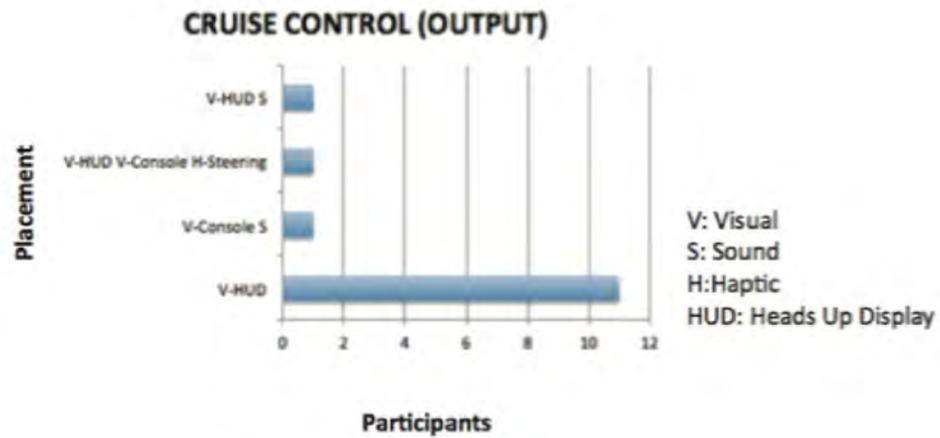


Figure B8. Cruise control output

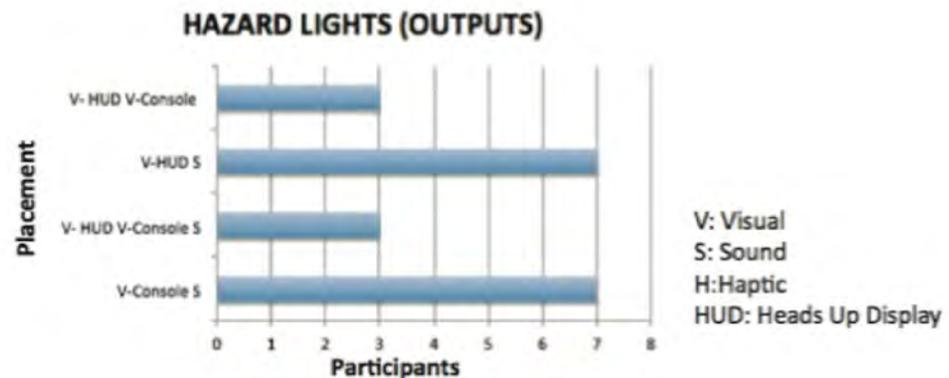
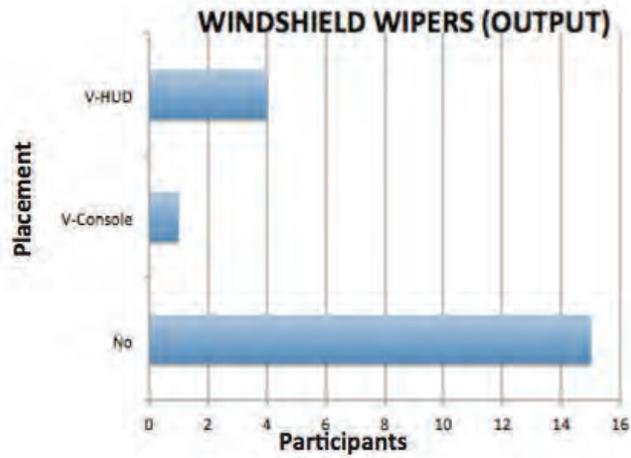
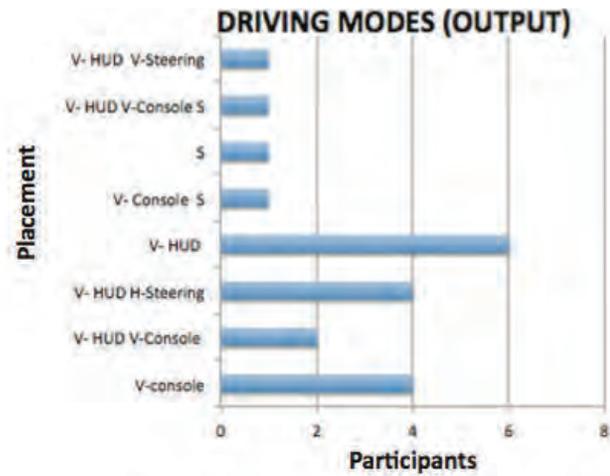


Figure B9. Hazard lights output



V: Visual
 HUD: Heads Up Display

Figure B10. Windshield wipers output



V: Visual
 S: Sound
 H:Haptic
 HUD: Heads Up Display

Figure B11. Driving modes output

Appendix C

Current interfaces task analysis

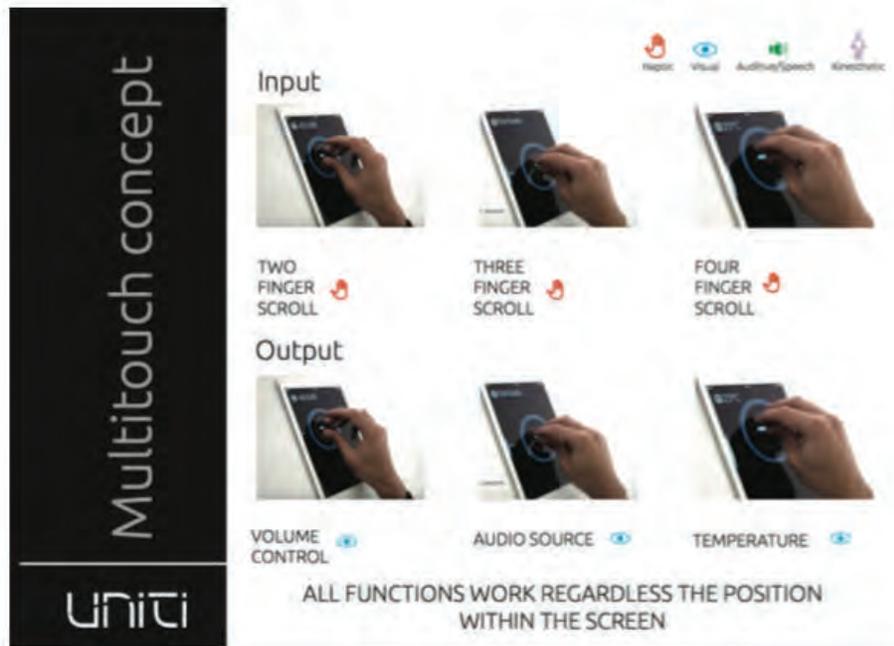


Figure C1. Multitouch concepts

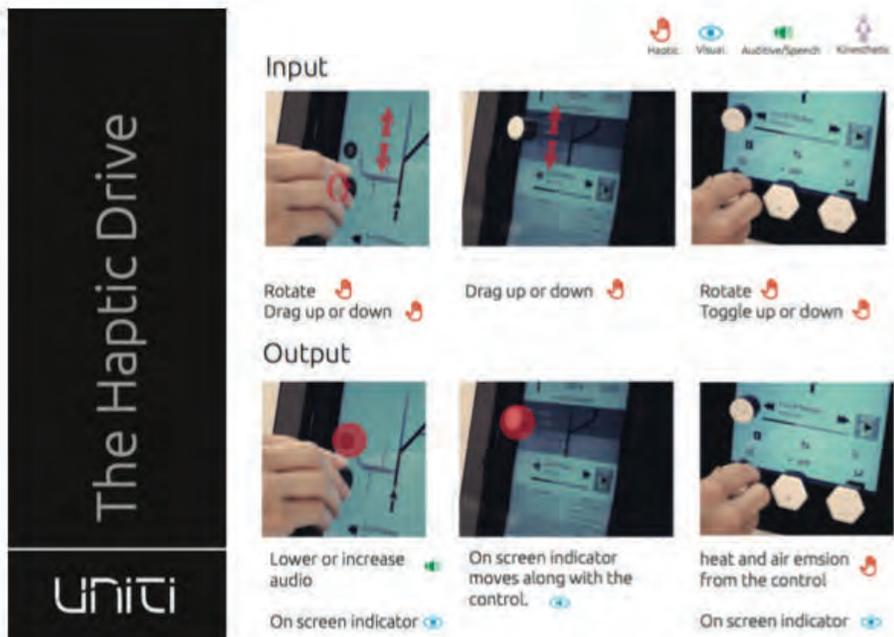


Figure C2. The haptic drive



Figure C3. Motorcycle blinkers



Figure C4. Nest

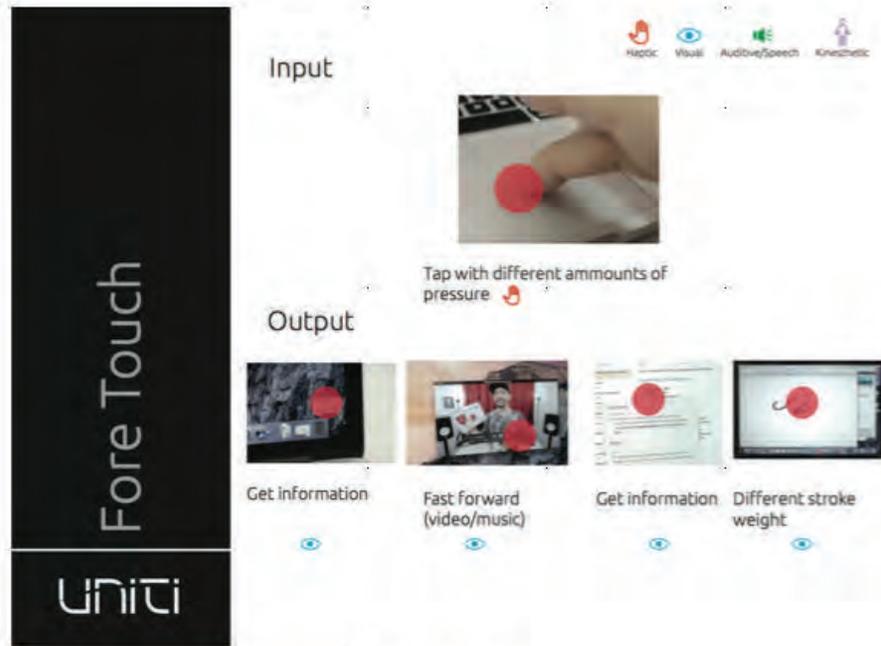


Figure C5. Force touch



Figure C6. Gesture remote

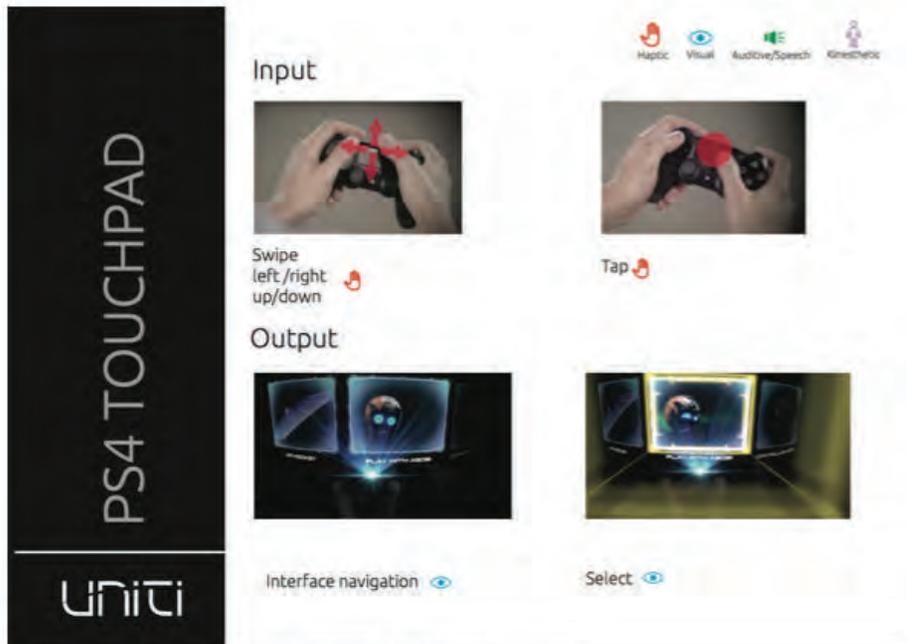


Figure C7. PS4 touchpad



Figure C8. Nuimo



Figure C9. Digital crown

Interface design for control systems

used while driving. Think Aloud

Script

Introduction

You are helping us by trying out this interface in its early stages. We're looking for places where the product may be difficult to use. If you have trouble with some of the tasks, it's the product's fault, not yours. The test we'll be doing is called think aloud for which we need you to think aloud as you work through the exercises. It may be a bit awkward at first, but it's really very easy once you get used to it. All you do is speak your thoughts as you work. As you're working through the exercises, I won't be able to provide help or answer questions. This is because we want to create the most realistic situation possible. Even though I won't be able to answer your questions, please ask them anyway, because we need to keep track of this questions.

Presenting the general function of the interface

As you may already notice this interface it's different from the conventional vehicles interface. It has a main console that is in front of you as well as two steering controllers used to accelerate and to brake. In order to accelerate just tilt the controller's forward; to break tilt them towards you. To steer you have to tilt the controllers either left or right based on the direction you want to go.

Present each task

1. - You were parked in a parking lot and you need to start driving .
2. - Your windshield it's dirty, can you clear it up.
3. - Now you're stuck in traffic and suddenly the car in front of you engages reverse and doesn't notice you are there.
4. - Lets play some music.
5. - Can you lower the volume?
6. -I would like to listen to another song.
7. - What about radio?
8. - You are in the right lane, you need to pass the car in front of you because it's going really slow but you have to switch again because your exit is next.
9. - You want to keep speed without accelerating.
10. - Now can you speed up?

11. - You find a car that is going slow so you need to reduce the speed you have right now and then go back to the same speed you had before.

12. - You want to deactivate cruise control.

13- It starts to rain, your automatic wipers activate but they are not cleaning as fast as you'll like to.

14.- The car in front of you turns on hazard lights because of the rain.

Conclude the test

That was the last task, thank you for your time and we will like to hear your comments regarding the use of the interface. Now that you are done with the test we can answer all the questions you have about the interface.

Appendix E

	Mean time	Standard Deviation	Confidence interval max	Confidence interval min
Start engine	0,965	0,361	1,174	0,756
Single wipe	0,914	0,377	1,133	0,695
Horn	1,054	0,393	1,282	0,826
Headlight flashing	1,333	0,482	1,613	1,053
Music play	1,41	0,511	1,706	1,114
Music forward	0,687	0,291	0,856	0,518
Music volume	0,799	0,318	0,983	0,615
Cruise control activate	1,227	0,454	1,490	0,964
Cruise control speed	0,812	0,390	1,038	0,586
Cruise control cancel	1,082	0,455	1,346	0,818
Cruise control resume	0,593	0,211	0,716	0,470
Wiper speed	1,08	0,402	1,313	0,847
Turn signals	0,979	0,375	1,197	0,761
Hazard lights	1,049	0,390	1,275	0,823

t of student	1,833
confidence interval	95%

	Percentage of participants performing correctly	Small sample completion rate
Start engine	100%	100%
Single wipe	90%	88%
Horn	100%	100%
Headlight flashing	90%	88%
Music play	80%	99%
Music forward	80%	99%
Music volume	80%	99%
Cruise control activate	80%	99%
Cruise control speed	100%	100%
Cruise control cancel	80%	99%
Cruise control resume	90%	88%
Wiper speed	100%	100%
Turn signals	80%	99%
Hazard lights	100%	100%

Mean	89%
------	-----

	Participant 1			Participant 2			Participant 3			Participant 4			Participant 5		
	Task completed	Time (sec)	Errors												
Start engine	x	0,9	0	x	1,55	0	x	1,27	0	x	0,8	0	x	1,53	0
Single wipe	x	0,6	0	x	1,8	1	x	0,4	0	x	0,3	0	x	1,94	0
Horn	x	1,61	0	x	1,47	0	x	0,6	0	x	1,32	0	x	1,34	0
Headlight flashing	x	1,5	0	x	1,46	0	x	1,77	0	x	0,95	0	x	1,35	2
Music play	x	1,47	0	x	2	1	x	1,3	0	x	1,91	0	x	1,57	0
Music forward	x	0,5		x	0,46		x	2,08		x	0,55				
Music volume	x	0,5		x	0,55		x	1		x	0,43				
Cruise control activate	x	0,65	0	x	1,3	1	x	1,24	0	x	1,86	0	x	1,62	0
Cruise control speed	x	0,5	0	x	0,5	0	x	1,2	0	x	3	0	x	0,57	0
Cruise control cancel	x	1,2	0	x	0,1	0	x	2,3	1	x	0,46	0	x	1,92	1
Cruise control resume	x	0,5	0	x	0,7	1	x	0,45	0	x	0,56	0	x	0,42	0
Wiper speed	x	0,5	0	x	0,96	0	x	1,93	0	x	0,86	0	x	0,85	0
Turn signals	x	1,5	0	x	0,76	1	x	0,54	0	x	1,03	1	x	1,86	0
Hazard lights	x	1,08	0	x	1,2	0	x	0,56	0	x	1,45	0	x	1	0

	Participant 6			Participant 7			Participant 8			Participant 9			Participant 10		
	Task completed	Time (sec)	Errors												
Start engine	x	0,4	0	x	0,8	0	x	0,6	0	x	1,1	0	x	0,7	0
Single wipe	x	0,4	0	x	1	0	x	0,4	0	x	1,3	0	x	1	0
Horn	x	0,6	0	x	0,5	0	x	1,3	0	x	0,8	0	x	1	0
Headlight flashing	x	0,9	0	x	0,7	0	x	1,6	0	x	1,8	0	x	1,3	0
Music play	x	0,85	0	x	0,9	0	x	1,1	0	x	1,8	1	x	1,2	0
Music forward	x	0,6		x	0,6		x	0,6		x	0,5				
Music volume	x	0,65		x	1		x	1,9		x	0,56				
Cruise control activate	x	0,6	1	x	1,1	0	x	0,8	0	x	1,3	0	x	1,8	0
Cruise control speed	x	0,4	0	x	0,4	0	x	0,6	0	x	0,5	0	x	0,45	0
Cruise control cancel	x	1	0	x	2	0	x	0,4	0	x	0,9	0	x	0,54	0
Cruise control resume	x	0,8	0	x	0,7	0	x	0,5	0	x	0,65	0	x	0,65	0
Wiper speed	x	1,2	0	x	0,7	0	x	1,2	0	x	1,5	0	x	1,1	0
Turn signals	x	0,3	0	x	1,3	0	x	0,8	0	x	0,8	0	x	0,9	0
Hazard lights	x	1	0	x	1,9	0	x	0,7	0	x	0,8	0	x	0,8	0



4600 Quebec Avenue North
 Minneapolis, MN 55428-4916
 Tel.: +1 (763) 535-6737
 Fax: +1 (763) 535-0828
 sales@robinsonrubber.com
 www.robinsonrubber.com

Rubber Material Selection Guide **FKM or Fluorocarbon / Fluoroelastomer** **Viton® / Fluorel®**

▪ Abbreviation	FKM
▪ ASTM D-2000 Classification	HK
▪ Chemical Definition	Vinylidene fluoride hexafluoropropylene
▪ RRP Compound Number Category	90000 Series
◆ <u>Physical & Mechanical Properties</u>	
▪ Durometer or Hardness Range	50 – 95 Shore A
▪ Tensile Strength Range	500 – 2,000 PSI
▪ Elongation (Range %)	400 % – 500 %
▪ Abrasion Resistance	Fair to Good
▪ Adhesion to Metal	Good to Excellent
▪ Adhesion to Rigid Materials	Fair to Good
▪ Compression Set	Good to Excellent
▪ Flex Cracking Resistance	Fair to Good
▪ Impact Resistance	Good
▪ Resilience / Rebound	Poor to Fair
▪ Tear Resistance	Fair to Good
▪ Vibration Dampening	Fair to Good
◆ <u>Chemical Resistance</u>	
▪ Acids, Dilute	Good to Excellent
▪ Acids, Concentrated	Good to Excellent
▪ Acids, Organic (Dilute)	Fair to Good
▪ Acids, Organic (Concentrated)	Poor to Good
▪ Acids, Inorganic	Good to Excellent

Rubber Material Selection Guide
FKM or Fluorocarbon / Fluoroelastomer
Viton® / Fluorel®



Chemical Resistance

▪ Alcohol's	Fair to Excellent
▪ Aldehydes	Poor
▪ Alkalies, Dilute	Fair to Good
▪ Alkalies, Concentrated	Poor
▪ Amines	Poor
▪ Animal & Vegetable Oils	Excellent
▪ Brake Fluids, Non-Petroleum Based	Poor to Fair
▪ Diester Oils	Good to Excellent
▪ Esters, Alkyl Phosphate	Poor
▪ Esters, Aryl Phosphate	Excellent
▪ Ethers	Poor
▪ Fuel, Aliphatic Hydrocarbon	Excellent
▪ Fuel, Aromatic Hydrocarbon	Excellent
▪ Fuel, Extended (Oxygenated)	Excellent
▪ Halogenated Solvents	Good to Excellent
▪ Hydrocarbon, Halogenated	Good to Excellent
▪ Ketones	Poor
▪ Lacquer Solvents	Poor
▪ LP Gases & Fuel Oils	Excellent
▪ Mineral Oils	Excellent
▪ Oil Resistance	Excellent
▪ Petroleum Aromatic	Excellent
▪ Petroleum Non-Aromatic	Excellent
▪ Refrigerant Ammonia	Poor
▪ Refrigerant Halofluorocarbons	R-11, R-12, R-13
▪ Refrigerant Halofluorocarbons w/ Oil	R-11, R-12
▪ Silicone Oil	Excellent
▪ Solvent Resistance	Excellent

Rubber Material Selection Guide
FKM or Fluorocarbon / Fluoroelastomer
Viton® / Fluorel®



Thermal Properties

- | | |
|---------------------------------------|----------------------|
| ▪ Low Temperature Range | -30° F to 0° F |
| ▪ Minimum for Continuous Use (Static) | + 10° F to - 30° F |
| ▪ Brittle Point | 0° F to - 40° F |
| ▪ High Temperature Range | + 450° F to + 500° F |
| ▪ Maximum for Continuous Use (Static) | + 500° F |

Environmental Performance

- | | |
|------------------------|-------------------|
| ▪ Colorability | Good to Excellent |
| ▪ Flame Resistance | Good to Excellent |
| ▪ Gas Permeability | Good to Excellent |
| ▪ Odor | Good |
| ▪ Ozone Resistance | Excellent |
| ▪ Oxidation Resistance | Excellent |
| ▪ Radiation Resistance | Fair to Good |
| ▪ Steam Resistance | Good to Excellent |
| ▪ Sunlight Resistance | Good to Excellent |
| ▪ Taste Retention | Fair to Good |
| ▪ Weather Resistance | Excellent |
| ▪ Water Resistance | Excellent |

For assistance in identifying the appropriate polymer or material, or to develop and formulate a fluorocarbon / fluoroelastomer rubber compound to meet your specific application and performance requirements, please contact Robinson Rubber Products at e-mail: sales@robinsonrubber.com or phone: 1-763-535-6737.

Robinson Rubber Products Company, Inc. makes no expressed or implied warranty as to any qualities, attributes, or characteristics of any polymer or material. This information is provided for reference only.

Viton® is a registered trademark of the DuPont Corporation.
Fluorel® is a registered trademark of Dyneon, a division of the 3M Company.

CORNING Gorilla® Glass



Corning® Gorilla® Glass for Large Format Applications

Corning® Gorilla® Glass is Big, Bold, and Beautiful

Corning® Gorilla® Glass is an ideal cover glass for the most innovative large-format displays, including interactive white boards, digital signage, and other large-size public displays. It is elegant, lightweight, and durable enough to resist many real-world events that commonly cause glass damage and failure.

The unique composition of Gorilla Glass allows for a deep layer of high compressive stress created through an ion-exchange process. This compression layer makes the glass exceptionally tough and damage resistant. The composition also helps to prevent the deep chips and scratches that degrade appearance and can cause glass to break.

Additionally, Gorilla Glass is formed using the same proprietary fusion process as all of Corning's high-technology display substrates. This extraordinarily precise, highly-automated process produces glass with exceptionally clean, smooth, flat surfaces and outstanding optical quality.

Gorilla Glass is also remarkably thin and clear, which reduces weight, helps reduce the appearance of parallax, enables more sensitive and accurate touch responses, creates a more precise and professional display, and helps deliver on the promise of high-definition and 3D technologies.

Product Information

Display Screen Diagonal Size

Typical sizes 32 inches to 84 inches

Finished Part Dimensions

Width (max) 2020 mm
 Length (max) 1365 mm @ 1 mm thickness
 1200 mm @ 2 mm thickness
 Thickness (mm) 2.0, 1.5, 1.0, 0.7, 0.55

Viscosity

Softening Point ($10^{7.6}$ poises)	896 C
Annealing Point ($10^{13.2}$ poises)	627 C
Strain Point ($10^{14.7}$ poises)	573 C

Mechanical Properties

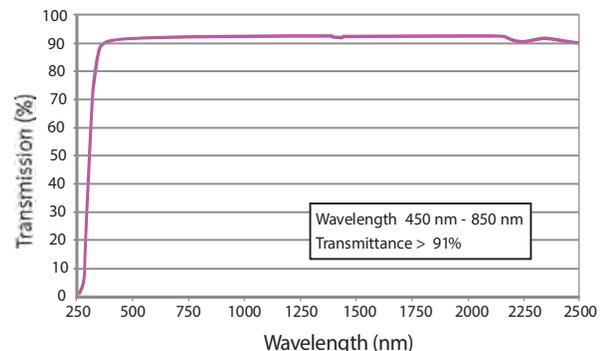
Density	2.39 g/cm ³
Young's Modulus	68.0 GPa
Poisson's Ratio	0.22
Shear Modulus	27.9 GPa
Vickers Hardness (200 g load)	
Un-strengthened	551 kgf/mm ²
Strengthened	654 kgf/mm ²
Fracture Toughness	0.69 MPa m ^{0.5}

Thermal

Coefficient of Expansion (0 C - 300 C)	75.5×10^{-7} C
--	-------------------------

Optical

Refractive Index (590 nm)	
Core index (no ion-exchange)	1.50
Compression layer	1.51

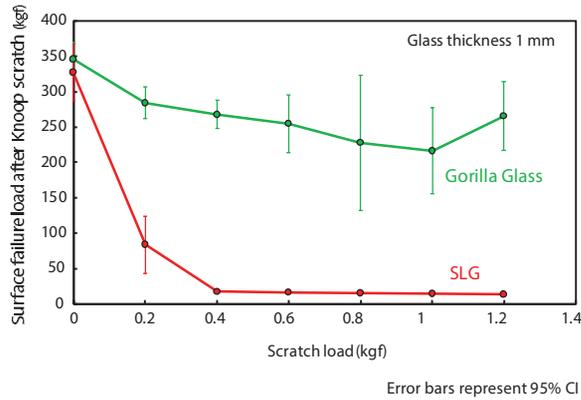


Chemical Strengthening

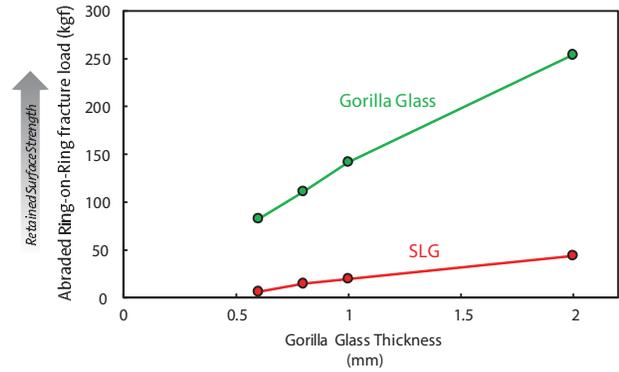
Compressive stress	³ 650 MPa @ 40 μm DOL
Depth of Layer	³ 40 μm

Note: Additional surface treatments are available, such as screen printing, optical films, and anti-glare finishes. For more information please contact Corning with your specific requirements.

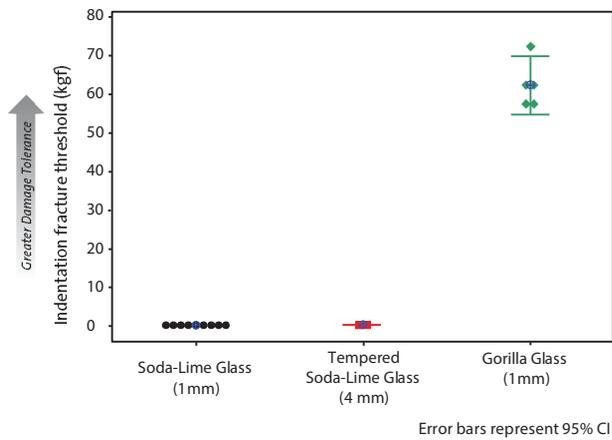
Greater retained strength for Gorilla® Glass after scratch



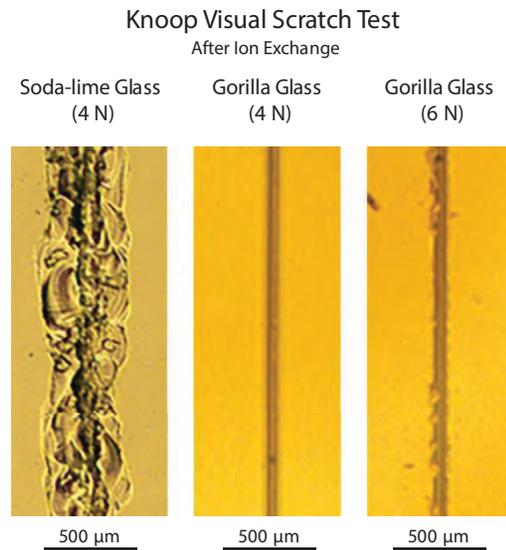
Greater retained strength for Gorilla® Glass enables use of thinner glass



Higher damage resistance for Gorilla® Glass



Scratches are less visible



CORNING

For more information about Corning® Gorilla® Glass:
 email: gorillaglass@corning.com
 Web: CorningGorillaGlass.com

Corning and Gorilla are registered trademarks of Corning Incorporated, Corning, N.Y., USA
 © 2015 Corning Incorporated. All rights reserved.
 September 2015

Description

Image



Caption

1. ABS pellets. © Shutterstock 2. ABS allows detailed moldings, accepts color well, and is non-toxic and tough enough to survive the worst that children can do to it. © Gettyimages

The material

ABS (Acrylonitrile-butadiene-styrene) is tough, resilient, and easily molded. It is usually opaque, although some grades can now be transparent, and it can be given vivid colors. ABS-PVC alloys are tougher than standard ABS and, in self-extinguishing grades, are used for the casings of power tools.

Compositional summary

Block terpolymer of acrylonitrile (15-35%), butadiene (5-30%), and styrene (40-60%).

General properties

Density	1,01e3 - 1,21e3	kg/m ³
Price	* 21,5 - 25,8	SEK/kg
Date first used	1937	

Mechanical properties

Young's modulus	1,1 - 2,9	GPa
Shear modulus	0,319 - 1,03	GPa
Bulk modulus	3,8 - 4	GPa
Poisson's ratio	0,391 - 0,422	
Yield strength (elastic limit)	18,5 - 51	MPa
Tensile strength	27,6 - 55,2	MPa
Compressive strength	31 - 86,2	MPa
Elongation	1,5 - 100	% strain
Hardness - Vickers	5,6 - 15,3	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	11 - 22,1	MPa
Fracture toughness	1,19 - 4,29	MPa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta)	0,0138 - 0,0446	

Thermal properties

Glass temperature	87,9 - 128	°C
-------------------	------------	----

Maximum service temperature	61,9	-	76,9	°C
Minimum service temperature	-123	-	-73,2	°C
Thermal conductor or insulator?	Good insulator			
Thermal conductivity	0,188	-	0,335	W/m.°C
Specific heat capacity	1,39e3	-	1,92e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	84,6	-	234	µstrain/°C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	Good insulator			
Electrical resistivity	3,3e21	-	3e22	µohm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	2,8	-	3,2	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	0,003	-	0,007	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	13,8	-	21,7	1000000 V/m

Optical properties

Transparency	Opaque			
Refractive index	1,53	-	1,54	

Processability

Castability	1	-	2	
Moldability	4	-	5	
Machinability	3	-	4	
Weldability	5			

Eco properties

Embodied energy, primary production	* 90,3	-	99,9	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 3,64	-	4,03	kg/kg
Recycle	✓			

Recycle mark



Supporting information

Design guidelines

ABS has the highest impact resistance of all polymers. It takes color well. Integral metallics are possible (as in GE Plastics' Magix.) ABS is UV resistant for outdoor application if stabilizers are added. It is hygroscopic (may need to be oven dried before thermoforming) and can be damaged by petroleum-based machining oils. ASA (acrylic-styrene-acrylonitrile) has very high gloss; its natural color is off-white but others are available. It has good chemical and temperature resistance and high impact resistance at low temperatures. UL-approved grades are available. SAN (styrene-acrylonitrile) has the good processing attributes of polystyrene but greater strength, stiffness, toughness, and chemical and heat resistance. By adding glass fiber the rigidity can be increased dramatically. It is transparent (over 90% in the visible range but less for UV light) and has good color, depending on the amount of acrylonitrile that is added this can vary from water white to pale yellow, but without a protective coating, sunlight causes yellowing and loss of strength, slowed by UV stabilizers. All three can be extruded, compression molded or formed to sheet that is then vacuum thermo-formed. They can be joined by ultrasonic or hot-plate welding, or bonded with polyester, epoxy, isocyanate or nitrile-phenolic adhesives.

Technical notes

ABS is a terpolymer - one made by copolymerizing 3 monomers: acrylonitrile, butadiene and styrene. The acrylonitrile gives thermal and chemical resistance, rubber-like butadiene gives ductility and strength, the styrene gives a glossy surface, ease of machining and a lower cost. In ASA, the butadiene component (which gives poor UV resistance) is replaced by an acrylic ester. Without the addition of butyl, ABS becomes, SAN - a similar material with lower impact resistance or toughness. It is the stiffest of the thermoplastics and has excellent resistance to acids, alkalis, salts and many solvents.

Typical uses

Safety helmets; camper tops; automotive instrument panels and other interior components; pipe fittings; home-security devices and housings for small appliances; communications equipment; business machines; plumbing hardware; automobile grilles; wheel covers; mirror housings; refrigerator liners; luggage shells; tote trays; mower shrouds; boat hulls; large components for recreational vehicles; weather seals; glass beading; refrigerator breaker strips; conduit; pipe for drain-waste-vent (DWV) systems.

Tradenames

Claradex, Comalloy, Cycogel, Cicolac, Hanalac, Lastilac, Lupos, Lustran ABS, Magnum, Multibase, Novodur, Polyfabs, Polylac, Porene, Ronfalin, Sinkral, Terluran, Toyolac, Tufrex, Ultrastyr

Links

Reference

ProcessUniverse

Producers

1

2

3

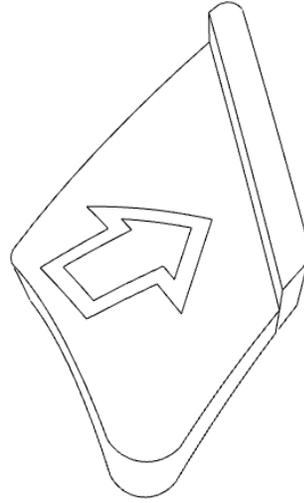
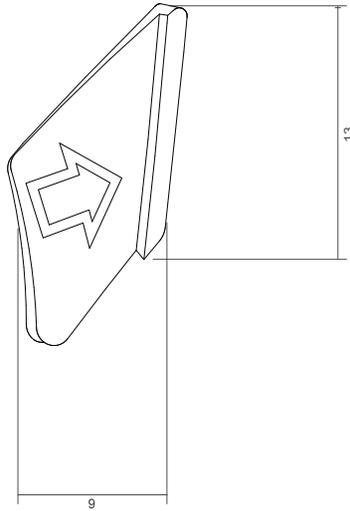
4

5

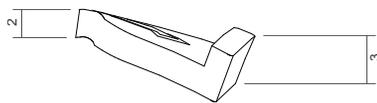
6

No	Coord				Fecha	

A



B



C

Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro	Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehículo eléctrico	Fecha: 4/4/18	Escala: 3:1
Nombre de la pieza: Interruptor Deslizable			
Nombre del Plano: Vistas generales		Cotas:mm	1/11

D

1

2

3

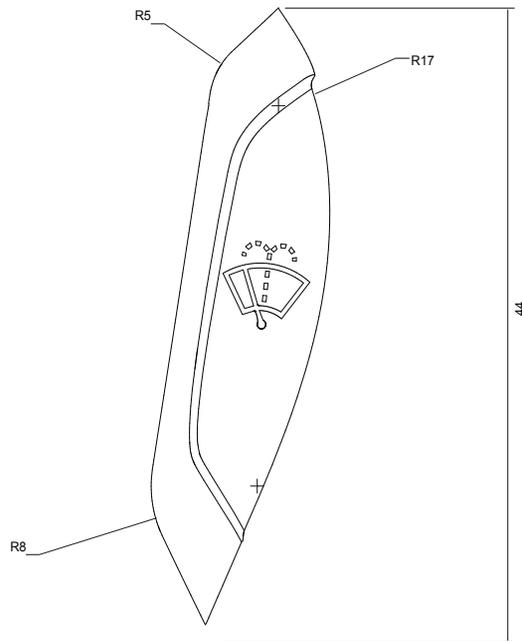
4

5

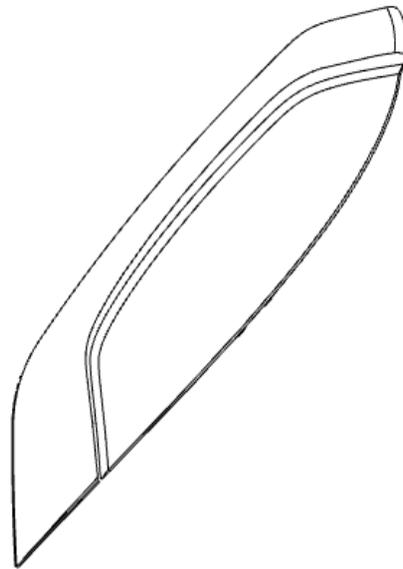
6

No	Coord				Fecha

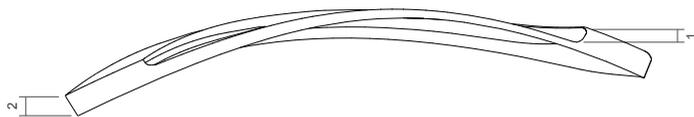
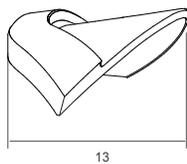
A



B



C



Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro	Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehículo eléctrico	Fecha: 4/4/18	Escala: 3:1
Nombre de la pieza: Botón			
Nombre del Plano: Vistas generales		Cotas:mm	2/11

D

1

2

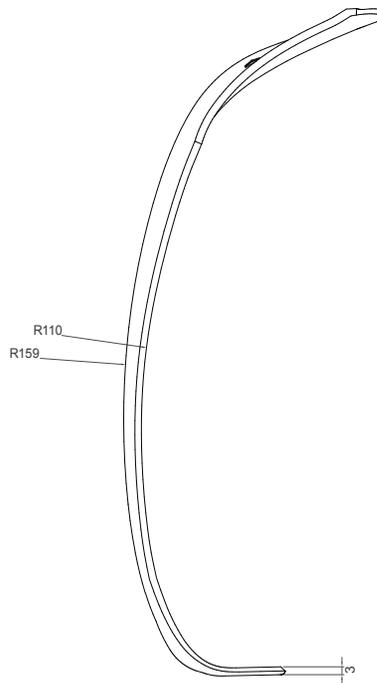
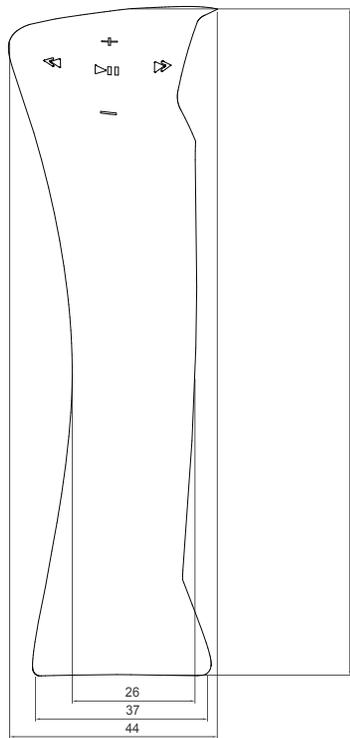
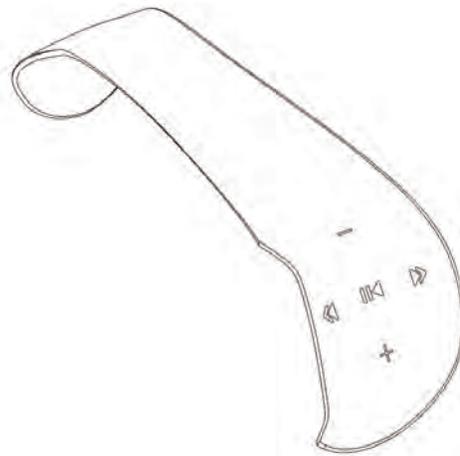
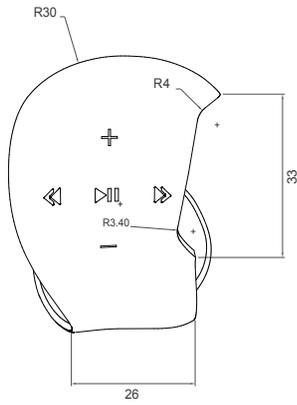
3

4

5

6

No	Coord				Fecha



A

B

C

Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro	Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehículo eléctrico	Fecha: 4/4/18	Escala: 1:2
Nombre de la pieza: Revestimiento protector			
Nombre del Plano: Vistas generales		Cotas:mm	3/11

D

1

2

3

4

5

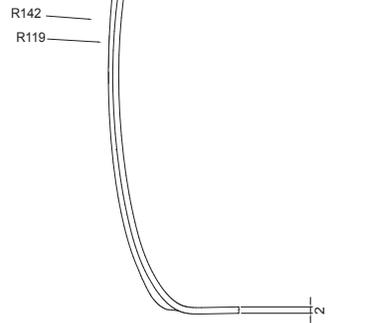
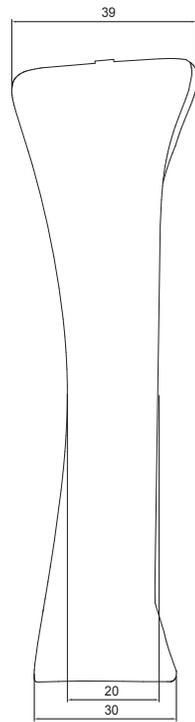
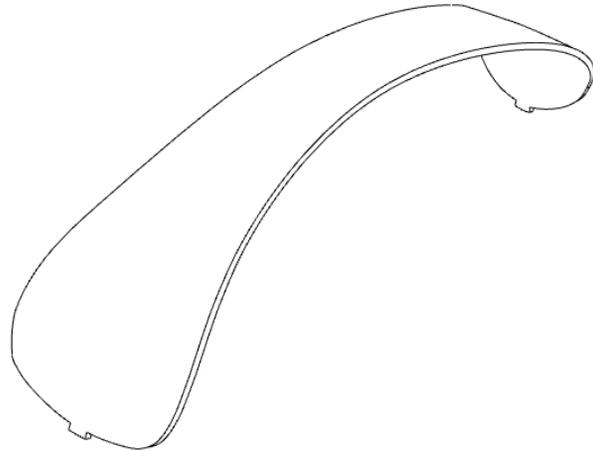
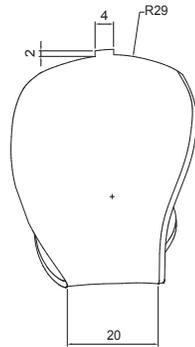
6

No	Coord	Fecha

A

B

C



Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro	Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehículo eléctrico	Fecha: 4/4/18	Escala: 1:2
Nombre de la pieza: Estructura interna			
Nombre del Plano: Vistas generales		Cotas:mm	4/11

D

1

2

3

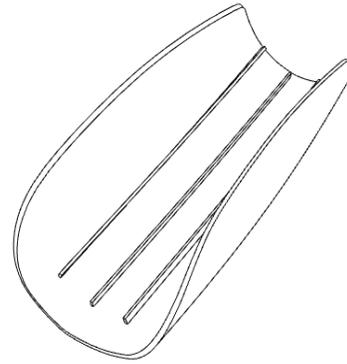
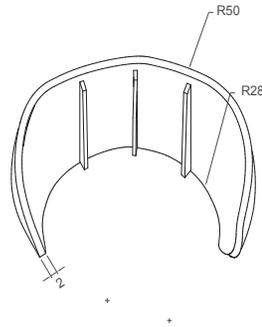
4

5

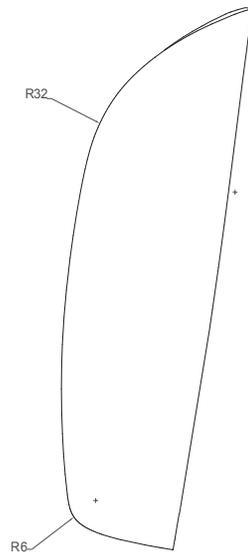
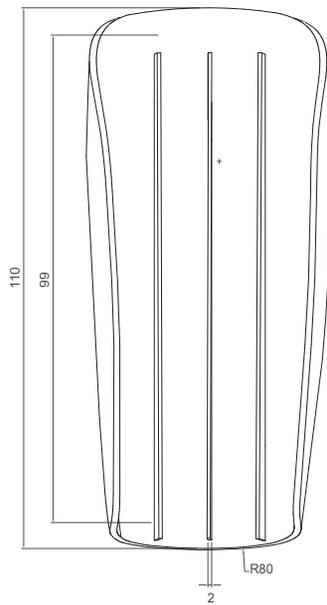
6

No	Coord				Fecha

A



B



C

Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro

Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehículo eléctrico

Fecha: 4/4/18

Escala: 1:2

D

Nombre de la pieza: Superficie antiderrapante



Nombre del Plano: Vistas generales

Cotas:mm

5/11

1

2

3

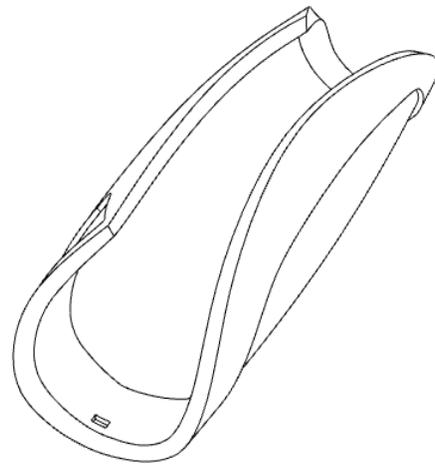
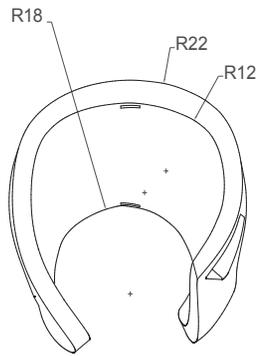
4

5

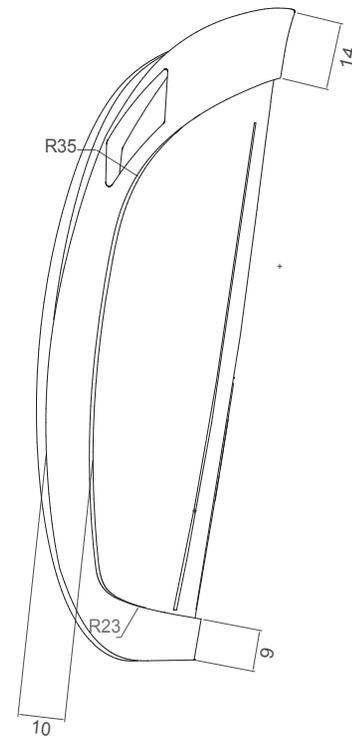
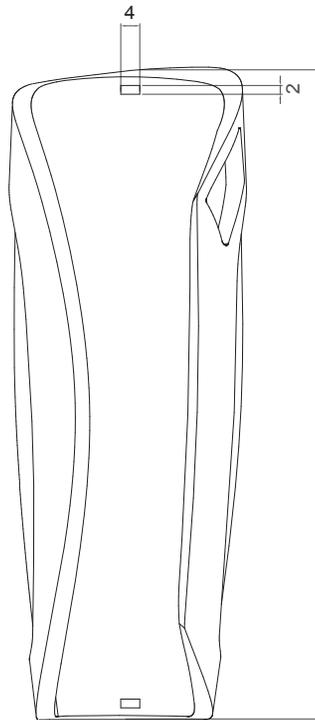
6

No	Coord				Fecha	

A



B



C

Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro	Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehículo eléctrico	Fecha: 4/4/18	Escala: 1:2
Nombre de la pieza: Estructura principal			
Nombre del Plano: Vistas generales		Cotas:mm	6/11

D

1

2

3

4

5

6

No	Coord				Fecha	

Código	Descripción	Cantidad	Material	Proceso de producción
1	Cubierta superior	1	Gorilla glass	Fusión
2	Botón	1	ABS	Inyección de plástico
3	Estructura interna	1	ABS	Inyección de plástico
4	Estructura principal	1	ABS	Inyección de plástico
5	Interruptor deslizable	1	ABS	Inyección de plástico
6	Superficie antiderrapante	1	Fluoro-elastómero	Inyección de plástico



Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro	Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehículo eléctrico	Fecha: 4/4/18	Escala
Nombre de la pieza: Explosivo de controlador derecho			
Nombre del Plano: Vistas generales		Cotas:mm	7/11

1

2

3

4

5

6

No

Coord

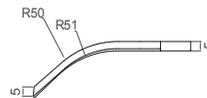
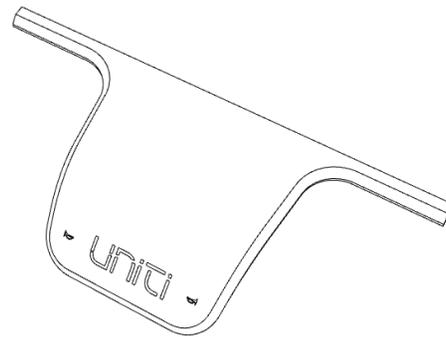
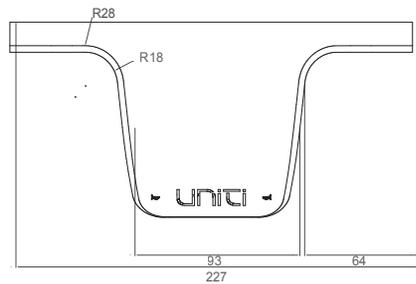
Fecha

A

B

C

D



Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro

Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehiculo eléctrico

Fecha: 4/4/18

Escala: 4:1

Nombre de la pieza: Cubierta superior



Nombre del Plano: Vistas generales

Cotas:mm

8/11

1

2

3

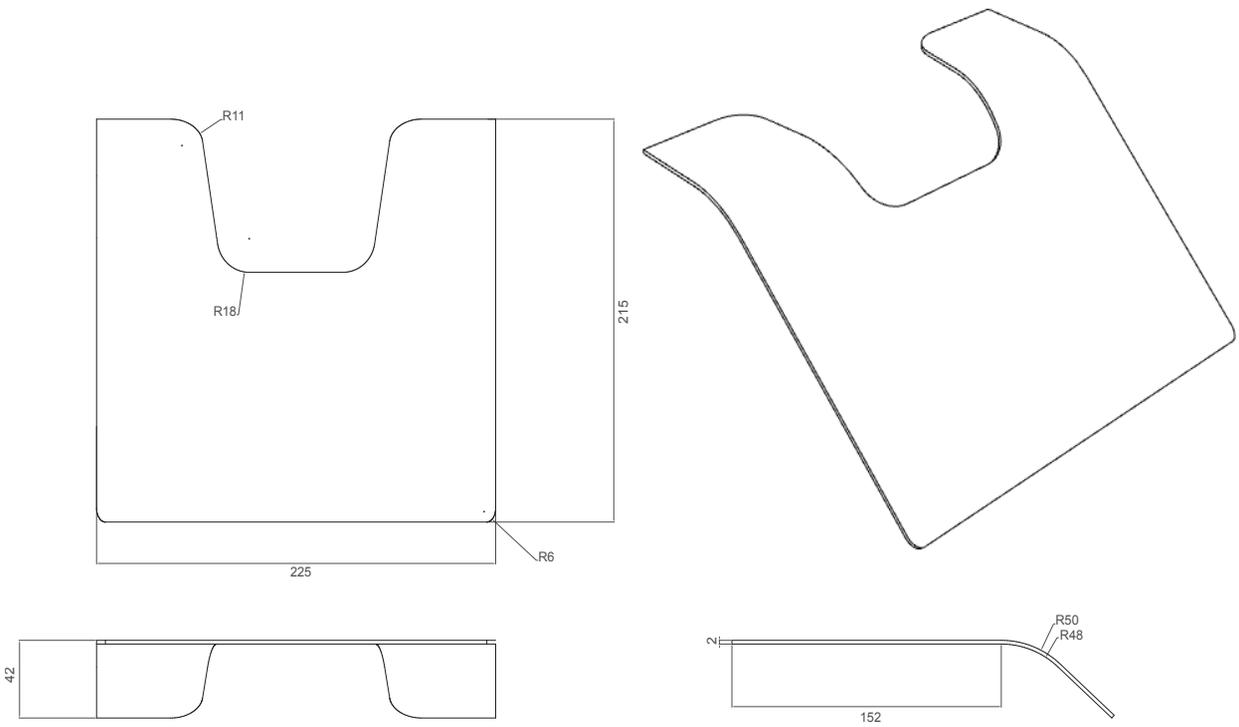
4

5

6

No	Coord				Fecha	

A



B

C

Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro	Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehículo eléctrico	Fecha: 4/4/18	Escala: 4:1
Nombre de la pieza: Revestimiento protector			
Nombre del Plano: Vistas generales		Cotas:mm	9/11

D

1

2

3

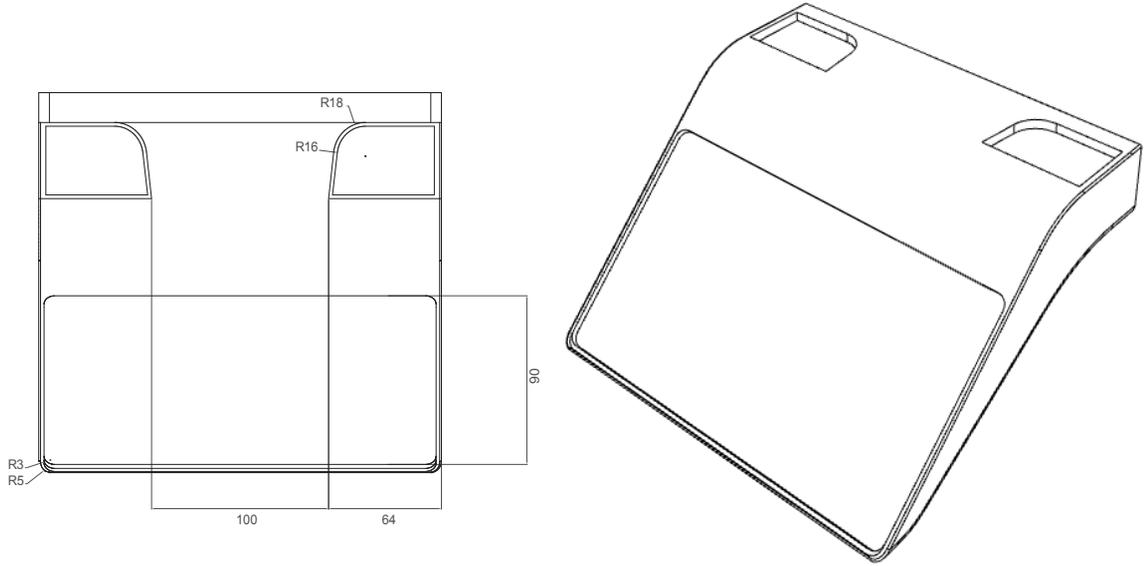
4

5

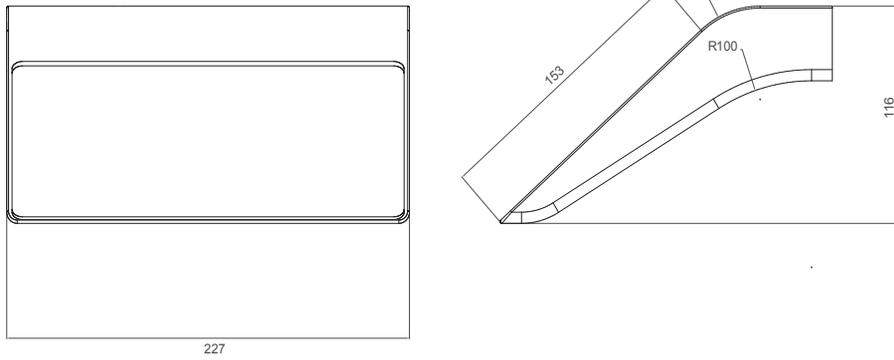
6

No	Coord				Fecha	

A



B



C

Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro	Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehículo eléctrico	Fecha: 4/4/18	Escala: 4:1
Nombre de la pieza: Estructura principal consola			
Nombre del Plano: Vistas generales		Cotas:mm	10/11

D

1

2

3

4

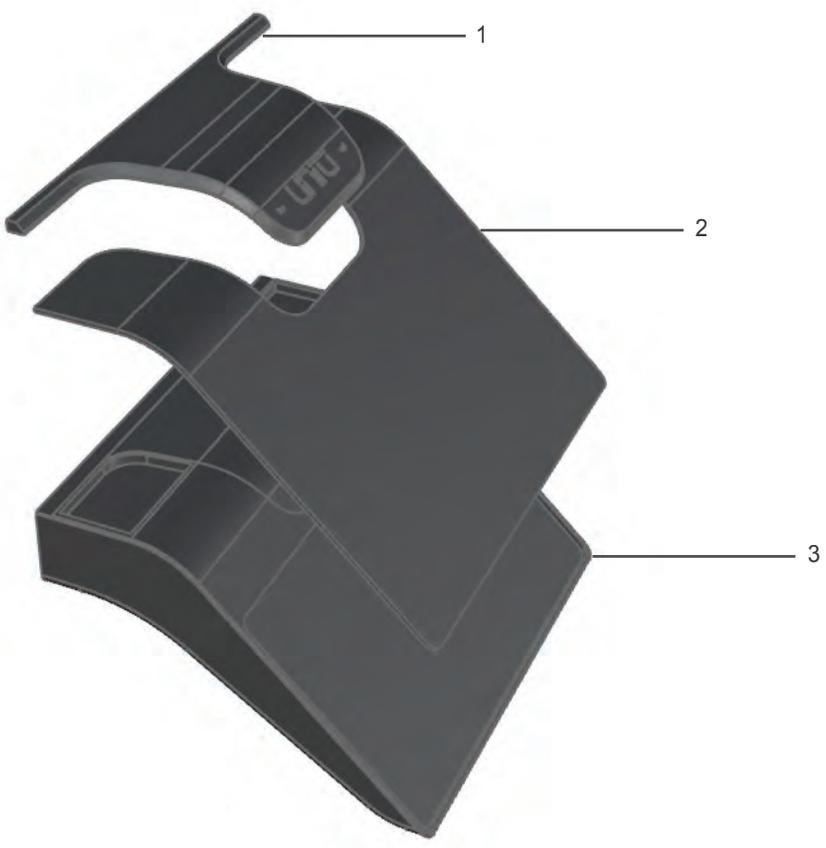
5

6

No	Coord				Fecha	

Código	Descripción	Cantidad	Material	
1	Cubierta superior	1	ABS	Inyección de plástico
2	Revestimiento protector	1	Gorilla glass	Fusión
3	Estructura principal	1	ABS	Inyección de plástico

A



B

C

Nombre: Luis Donaldo Preciado Navarro	Nombre del Proyecto: Interfaz para sistemas operados por conductor de vehículo eléctrico	Fecha: 4/4/18	Escala
Nombre de la pieza: Explosivo de consola			
Nombre del Plano: Vistas generales		Cotas:mm	11/11

D