

**Prototipo de carro de mercado de conducción asistida CMCA, como solución en la carga y desplazamiento de mercado (alimentos y abarrotes) para personas en condición de discapacidad y adulto mayor con movilidad reducida.** 

Jonnathan Iregui Cruz , Diego Hernán Valbuena Montoya.

Fundación Universitaria del Área Andina, Bogotá, Colombia.

Recibido: 08/01/2022

Revisado: 15/04/2022

Aceptado: 15/05/2022

Publicado: 31/07/2022

### Resumen

Este documento se enfoca en prototipar un Carro de Mercado de Conducción Asistida para personas con movilidad reducida y adultos mayores, como solución a las limitantes físicas y locativas a las que se enfrenta esta población al cargar y desplazar la compra de víveres y abarrotes desde el punto de abastecimiento hasta su hogar. Este objetivo es desarrollado y estimado a partir de una investigación aplicada con enfoque triangular, en la cual se exploraron fuentes de información documental y de campo que cubrió una muestra representativa de 383 personas, con parámetros estadísticos del 95% para el nivel de confianza y de 5% de margen de error. En esa línea, se construye un ejercicio de inteligencia de negocios el cual identificó la pertinencia y necesidad del producto para el segmento de clientes; así como las características mecánicas, niveles de usabilidad y medio de desempeño que buscan los usuarios. De esta manera, se integran los componentes electrónicos y mecánicos, interfaces de conectividad y los principios ergonómicos en un prototipo a escala que facilita el desplazamiento minimizando los esfuerzos físicos aplicados a la movilización de cargas.

**Palabras Clave:** Conducción asistida, Carro de mercado, Desplazamiento de carga, Movilidad reducida, Prototipo.

### **Abstract:**

This document focuses on prototyping of a Self-Driven Shopping Cart for people with reduced mobility and older adults, as a solution to the physical and local limitations that this population faces when loading and transporting the purchased food and groceries from the point of supply to their home. This objective is developed and estimated from an applied investigation with a triangular approach, in which sources of documentary and field information were explored that covered a representative sample of 383 people, with statistical parameters of 95% for the confidence level and 5 % margin of error. Along these lines, a business intelligence exercise was constructed which identified the relevance and need of the product for the customer segment; as well as the mechanical characteristics, levels of usability and performance that average users are looking for. In this way, electronic and mechanical components, connectivity interfaces and ergonomic principles are integrated into a scale prototype that facilitates the movement while minimizing the physical efforts applied to the mobilization of loads.

**Keywords:** *Self driving, Reduced mobility, Elderly, Prototype, Load transport, Shopping Cart*

## **INTRODUCCIÓN**

La población con movilidad reducida y adulto mayor en Colombia, se enfrenta permanentemente a condiciones poco incluyentes y adaptadas en los espacios públicos, medios de transporte y en el acceso a diferentes comercios; incluso cuando requiere realizar actividades que le permitan satisfacer sus necesidades básicas como lo es poder abastecerse de víveres de manera autónoma sin exponerse a riesgos y peligros que se potencializan con las limitaciones físicas y/o motrices que padecen. Sin embargo, los artículos y mecanismos que existen en el mercado no responden a las necesidades y limitaciones de esta población, por cuanto existe una oportunidad para el desarrollo de soluciones innovadoras que a través del aprovechamiento de la tecnología contribuya a la mejora en la calidad de vida para este segmento.

Este documento explora como facilitar la carga y desplazamiento de mercado (alimentos y abarrotés) para personas en condición de discapacidad y adulto mayor con movilidad reducida en el sector urbano, desde el punto de abastecimiento periférico o de proximidad hasta el hogar, mediante el diseño de un prototipo de carro de mercado de

conducción asistida -CMCA-, al integrar tecnologías como la robótica y los principios de conducción asistida, logrando mitigar los esfuerzos físicos, riesgos ergonómicos y de transitabilidad, bajo preceptos de seguridad y autonomía.

Los modelos y herramientas existentes para la asistencia en el desplazamiento de esta población se reducen a funciones de andadores o caminadores movilizadas por la fuerza directa del usuario, además de las dificultades que trae el propio entorno comercial, los carritos de compra convencionales, que pueden transportar muchos productos y que están provistos de ruedas para que los compradores puedan empujarlos, también tienen serios inconvenientes. Uno de ellos es su tamaño considerable (Neves, 2017) lo que restringe su maniobrabilidad e independencia. Es por esto que el presente proyecto incorpora bases de la mecánica, robótica, conducción asistida y elementos de respuesta a estímulos del ambiente circundante que buscan brindar bienestar y una buena experiencia a la hora de realizar, cargar y desplazar las compras mediante un producto asequible y viable en el mercado.

Por ello, con la finalidad de obtener información se desarrolló un estudio de inteligencia de negocios que abarcó aspectos sobre la usabilidad del prototipo, caracterización de la población, cartografía social, hábitos de compra, condiciones del espacio público urbano, crecimiento de los “*Hard Discount*” o *retail* de proximidad, entre otras variables; tomando como muestra representativa a 383 personas, con parámetros estadísticos del 95% para el nivel de confianza y de 5% de margen de error. Lo anterior, permitió identificar aspectos y componentes claves para el funcionamiento, ser vicio y bienestar de los usuarios, así como la demanda de algunos accesorios que brinden un valor agregado. Así mismo, se delimitaron los segmentos y localizaciones geográficas a las cuales se enfoca el producto.

De esta manera, a través de iteraciones de prototipado se integran las tecnologías, componentes y especificaciones técnicas identificadas previamente, con el fin de realizar pruebas y simulaciones de operatividad y uso del producto hasta llegar al punto ideal de funcionalidad que se alinee con la promesa de valor definida.

## **ESTADO DEL ARTE**

En Colombia, la población adulta mayor (de 60 años a más) ha presentado un marcado crecimiento ya que para el año 2019 asciende a 6.5 millones de personas, mientras que

para 1985 era de cerca de 2 millones (Departamento Nacional de Planeación, 2018, pág. 6). Adicionalmente, existen actualmente cerca de 3.2 millones de personas en condición de discapacidad -PcD- en niveles 3 y 4, que indican que no requieren de terceros para actividades como moverse (DANE, 2020). Bajo esta situación de envejecimiento se genera un llamado a repensar las políticas públicas, el desarrollo de productos y servicios que se preparen y atiendan las crecientes demandas de esta población

En consecuencia, los estudios enfocados en las capacidades, medios y barreras de movilidad que presenta la población referida, indican que a pesar de las políticas públicas enfocadas en la calidad de vida y movilidad del adulto mayor y personas con movilidad reducida como la Ley 616 de 2013 (Congreso de Colombia, 2016) que dicta medidas para la inclusión social de personas en condición de discapacidad, el CONPES 3718 Política Nacional de Espacio Público del (Departamento Nacional de Planeación, 2012) o la Política Colombiana de Envejecimiento Humano y Vejez (MinSalud, 2015); se puede evidenciar el bajo nivel de desarrollo de la infraestructura pública, incluyendo andenes, rampas y estaciones de transporte público, tal como lo demuestra (Pàramo & Burbano Arroyo, 2016, pág. 193), (Poveda D`Otero & Marquez, 2017, pág. 20) y (Mayorga Henao & García García, 2018, pág. 82).

En esa línea, los estudios europeos señalan una tendencia hacia el aislamiento y resignación social por parte de la población adulta mayor, ante las inconveniencias a las que se enfrenta esta población en el ambiente público, desde los espacios para transitar hasta los medios de movilización públicos (Halkola & Häikiö, 2020).

Bajo ese contexto, es posible identificar el problema y limitante que enfrenta el adulto mayor y personas con movilidad reducida a la hora de abastecerse y cargar sus compras. Se han identificado avances en el tema enfocados en la automatización y conectividad de carros de mercado pero de uso interno de los puntos de abastecimiento o grandes superficies, como se refleja en los estudios de (Garavito Velandia & Vargas Parra, 2017, pág. 47) y (Salazar Quintana, 2016). En la misma línea, se identifican patentes en diferentes bases como la Superintendencia de Industria y Comercio, Google Patents y la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO), encontrando múltiples prototipos de utilidad sobre mejoras en apilamiento, medios de pago, materiales, sistemas de alarma entre otras características, pero que no presentan la funcionalidad y propósito del presente proyecto.

De tal manera, la exploración de estudios acerca del diseño, logro e impacto de la electrónica, robótica, conducción asistida e internet de las cosas aplicados a soluciones para adulto mayor y personas con movilidad reducida, ha permitido identificar aplicaciones aproximadas, tanto a la tecnología como al propósito del proyecto, como la desarrollada por (Rani & Boopathy, 2019, pág. 35) o por (Molina Gallo, 2016, pág. 97) en los que se diseñan herramientas digitales que faciliten la usabilidad, desplazamiento y experiencia de los adultos mayores y personas con movilidad reducida en instalaciones.

La tecnología de conducción asistida hoy en día es ampliamente utilizada en vehículos con el fin de proveer ayuda y control sobre el posicionamiento, velocidad, dirección o frenado; temas que se abordan en diferentes fuentes, de la cuales se resalta (Talero Cañon, 2015, pág. 5) dada su aplicación de sistemas de apoyo y conducción asistida. La movilidad asistida se caracteriza por una nueva era de sistemas de vehículos emergentes en la que parte o todas las acciones del conductor pueden eliminarse o limitarse mediante una combinación de nuevas y potentes tecnologías que incluyen sensores, potencia de cálculo y almacenamiento, y comunicaciones de corto alcance (SCC para abreviar). (Blyth, 2019, pág. 33)

En esa misma línea, los prototipos adelantados por (Ceres, 2014, pág. 4) y (Colomer, 2018, pág. 19) permiten identificar la integración y usabilidad de sensores de proximidad a dispositivos con movilidad como una solución para la optimización de la conducción asistida.

La futura implementación de Vehículos Autónomos (AV) en las ciudades puede tener impactos significativos, tanto positivos como negativos, en su sostenibilidad (Cordera, 2020, pág. 45). Se espera que los vehículos autónomos (AV) revolucionen la movilidad convirtiendo los coches en robots de movilidad y permitiendo formas de transporte público más dinámicas e inteligentes. Se pueden concebir una multitud de servicios de transporte con los vehículos autónomos, sin embargo, no está claro cuáles prevalecerán. Además del tiempo de viaje, la confiabilidad y la comodidad, el precio es el atributo clave de un servicio de transporte (Beosch, 2017).

## **METODOLOGÍA**

Acorde con la visión del proyecto dimensionado, la investigación se encaminará hacia la aplicación e integración práctica de conceptos asociados a la mecánica y la electrónica,

con el fin de prototipar un producto que responda a las necesidades del mercado y en específico del segmento población deseado. De tal manera, el propósito planteado encamina el desarrollo hacia la Investigación Aplicada, que acorde con (Ariza Ruiz, 2020, pág. 13) esta directiva de la investigación se concibe como “también denominada práctica, empírica, experimental, es aquella que trabaja con los resultados de la investigación pura, con el fin de utilizarlos en la solución de problemas concretos o realizar innovaciones”.

De tal manera, el aprovechamiento de las bases científicas de diversas disciplinas y su integración conlleva a la posibilidad de generar investigación y su tangible (Perez Toledo, 2015, pág. 43), apalancado en el desarrollo tecnológico, que, para el objeto del presente proyecto, dinamiza la funcionalidad, accesibilidad y conectividad pretendida.

En línea con la reconocida frase de (Drucker, 1994) "los negocios solo tienen dos funciones: el marketing y la innovación", y dada la naturaleza del proyecto y en función de las fuentes de información, se precisa de la Investigación Mixta con canal estratégico de información del comportamiento, estructura y necesidades de los clientes, tanto desde una arista documental como de la fuente directa recopilada a través de trabajo de campo. Por lo anterior, las fuentes de información de campo ya que permite conocer y cuantificar la estructura, características poblacionales y sus condiciones, las dimensiones del mercado, productos o patentes que compitan con la idea del proyecto, tecnologías de conducción asistida entre otra información y conocimientos vigentes que permitan reconocer y construir una visión sistemática del problema y su ecosistema (Gómez, 2011, pág. 6).

Fuentes como el DANE, MinSalud, Superintendencia de Industria y Comercio entre otras de índole estatal, permiten consolidar el estudio de Inteligencia de Negocios para minimizar la incertidumbre de los escenarios de desarrollo y mercado del producto a prototipar.

Es por esto que se requiere de profundidad sobre múltiples aspectos cercanos a las necesidades y expectativas de los usuarios potenciales y del prototipo a diseñar. En coherencia con los análisis y tentativas de investigación, se concluye que el proyecto requerirá de un Enfoque Triangular, comprendido como la integración y sinergia de la investigación cualitativa y cuantitativa que permite aproximarse mejor a la realidad a tratar (Vargas Cordero, 2009, pág. 156).

En cuanto a la recolección de información, se prospecta la utilización de tres instrumentos que aseguren la medición de las variables de interés y la validación de las mismas. El primer instrumento corresponde a la una encuesta, la cual se compone de 13 preguntas con única respuesta, con escalas valorativas a medida y Likert. La asertividad y confiabilidad de la información recopilada depende no solo de la estructura del instrumento sino de la rigurosidad en el restablecimiento de la muestra

*N: Tamaño de la Población = 19,000 - Z: Nivel de Confianza = 95% - e: Margen de Error = 5% - n: muestra = 383 personas*

El segundo instrumento corresponde a la cartografía social aplicada a Bogotá, donde se identifican las localizaciones geográficas, composición y ubicación socioeconómica, ingreso per- cápita por localidad entre otros factores. Por último, una prueba monádica (International, 2020) busca identificar la percepción, afinidad, opiniones y experiencias de uso de grupos de clientes.

## RESULTADOS

### Instrumentos de recolección de información

- Cartografía social: Acorde con la orientación metodológica referenciado por (Castro Jaramillo, 2016) se establecen preguntas orientadoras para el desarrollo de la cartografía social en el marco del presente proyecto de investigación, logrando definir la siguiente estructura de datos:

**Tabla 1.** Resumen de criterios y hallazgos instrumento Cartografía Social

Definición mapa a tratar	Bogotá, Colombia. Mapa segmentado por localidades
Localidades de interés y su estrato social	Suba, Usaquéen, Chapinero, Barrios Unidos, Teusaquillo, Puente Aranda y Engativá
	Estratos 3, 4, 5 y 6
Rango de edad cliente potencial	Adulto mayor 59 año a más
	Personas con movilidad reducida 18 años en adelante
PIB per cápita	COP 2,7 M
Índice de Calidad Espacio Público	55,1% promedio de las 7 localidades

---

**Población Objetivo Inicial**      **19 Mil personas**

---

**Fuente:** elaborada por los autores.

- Encuesta: Sobre los anteriores hallazgos se busca profundizar sobre información de los hábitos, recurrencia y preferencias en la gestión de compras por parte de la segmentación de cliente identificada.

De la población encuestada el 66% reside en apartamentos y el 23% en casa, en donde el 71% utiliza escaleras para el acceso a su vivienda. La recurrencia de compra de víveres se da en 22% diariamente, 44% 1 a 2 veces a la semana, 17% 3 a 4 veces a la semana y 16% 1 o 2 veces al mes. En esa línea, se identifica que el 83% de las personas realiza sus compras en Mini mercado, Tienda de barrio y Supermercado – Hipermercado, y el traslados de estas se realiza en un 35%, caminando, 43% en carros de mercado plegable, 7% en vehículo propio y 16% en otros medios (taxi, transporte público, bicitaxi). Por otra parte, el 81% prefieren no usar el transporte público dado factores como la falta de adaptación a sus condiciones y la inseguridad.

## **Estudio de inteligencia de negocios**

### ***Productos afines***

Hacia el año 1937 Sylvan Goldman presentó el primer carrito de la compra en su cadena de supermercados Humpty Dumpty en la ciudad de Oklahoma (El Herald, 2014), como respuesta a las dificultades que identificaba en sus clientes cuando mercaban y que impedía que compraran mayores volúmenes de productos. Luego de más de 80 años de su invención, sigue manteniéndose en igual forma y generalidad de uso, y en pocos casos se ha innovado en diseños y accesorios, pensados más desde el orden de los productos, facilidades de pago o publicidad de las marcas; pero no desde la ergonomía y comodidad del usuario, sobre todo, aquellos que presentan limitaciones de movilidad o esfuerzo muscular. (Galán , 2019).

**Figura 1.** Carrito de mercado convencional



**Fuente:** (Alibaba, 2021)

Existen múltiples versiones portables de los carros de mercado, incluye modelos tipo mochila, bolsas con rodachines, estructuras metálicas o plásticas entre otros, cuyo valor al usuario es ser poder ser desplazados y guardados en sus hogares al ser plegables (Muela, 2017, pág. 12) o en otros modelos trae utilitarios como sillas, manijas extensibles o ruedas para escalar andenes. Sin embargo, persiste la aplicación de fuerza para su desplazamiento permanente.

**Figura 2.** Ejemplos de carro de mercado disponibles



**Fuente:** (MercadoLibre.com, 2021)

En cuanto a las aplicaciones más tecnificadas, encontramos modelos con motor eléctrico diseñados para personas con movilidad reducida en grado 3 y 4, o personas que por alguna condición no pueden caminar y desplazarse de manera autónoma. Es claro que la tecnología ha tenido mayor aplicación y trascendencia en los carros de mercado de los supermercados en los que se han incorporado tecnologías de radiofrecuencia o pantallas táctiles.

**Figura 3.** Carros eléctricos para compras en los supermercados



**Fuente:** (Guías Prácticas, 2017)

Por otra parte, la revisión de patentes fue consultada en bases de datos como la Superintendencia de Industria y Comercio, Google Patents y la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO), utilizando palabras claves como: Grocery car, Market car, Carro de mercado, Carrito de mercado plegable y Electric car market. El resumen de los hallazgos es:

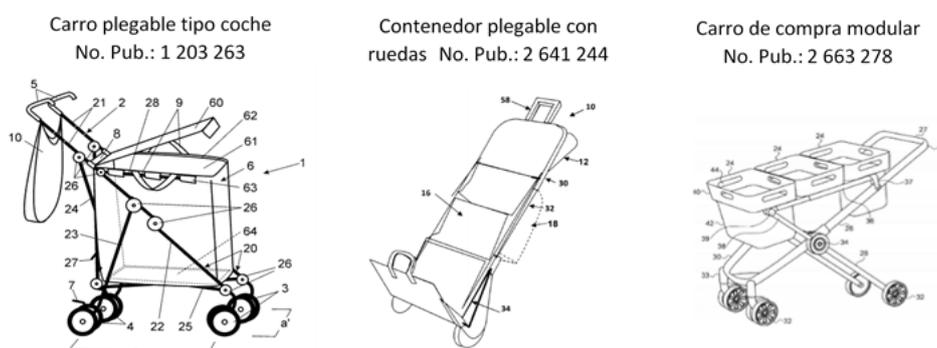
**Tabla 2.** Resultados de la consulta de patentes en bases de datos autorizadas

Base de Datos	# Hallazgos	Muestra indagada	# Productos Homólogos	# Productos Accesorios	# Prods No Relacionados
<i>SIC</i>	80	55	2	13	40
<i>Google Patents</i>	1.389	148	14	77	57
<i>USPTO</i>	202	92	8	56	28
<b>Total</b>	<b>1.671</b>	<b>295</b>	<b>24</b>	<b>146</b>	<b>125</b>
		<b>Participa %</b>	<b>8%</b>	<b>49%</b>	<b>42%</b>

**Fuente:** elaborada por los autores.

Tras la revisión de patentes se evidencian productos homólogos pero que no cuentan con la totalidad de las funcionalidades pretendidas en este proyecto; así como se encontraron productos y utilidades que pueden complementar y fortalecer la idea del prototipo. Es de aclarar que en algunos de los casos de patentes consultadas no fue factible conocer el modelo ya sea porque la descripción era muy básica o por la falta de identificar los dibujos o planos del producto. Algunos de las patentes encontradas resultan de interés para el proyecto, dada las utilidades y estructuras de construcción, que pueden ser complemento y solución ante algunas dudas del prototipo.

**Figura 4.** Patentes homologas encontradas en la exploración de información



**Fuente:** (USPTO, 2020)

### ***Perspectiva de la industria robótica para Colombia y la región***

El desarrollo tecnológico ha facilitado el acceso a conocimiento e impulso de innovaciones para países en vías de desarrollo, A su vez, existe una mayor accesibilidad a mecanismos y tecnologías base para la investigación y desarrollo de innovación, aunque típicamente a nivel prototipado dadas las dificultades tecnológicas locales para hacer escalables productos, por lo cual se termina en obsolescencias de las iniciativas o en maquilas en China.

Para (Hossian, Merlino, & Alveal, 2020) la capacidad y madurez de la región frente a la robotización se mide desde 3 aristas, la comercial en la que se denota el álgido y óptimo momento que la región atraviesa para iniciar para procesos de transferencia y desarrollo tecnológico más allá de la adopción y los beneficios arancelarios. En segunda línea se encuentra el impacto sobre el mercado laboral, en el que predomina una lógica de desplazamiento y desempleo en proporción con la incorporación tecnológica; lo que es discutible ante casos de países con un alto desarrollo tecnológico y altos índices de empleabilidad.

Por último, el eje de la educación el cual ha aflorado en la región a través de la inclusión de contenidos curriculares en la educación básica, carreras universitarias y contenidos digitales de libres accesos relacionados con informática, electrónica o robótica; sin que esto cubra las necesidades de la población, la industria local y de los inversores.

Lo anterior refleja que en la región existe una aceptable capacidad de adopción de la robótica, donde resaltan los campos de aplicación en salud, informática y telecomunicaciones; pero con un déficit en campos de vital importancia como la agricultura; además la región no logra un desarrollo local de la robótica.

### **Resultados del prototipado**

El desarrollo del prototipo se realizó a escala 1 a 2, bajo lineamientos específicos de funcionalidad como el peso neto esperado del producto (5 kg para capacidad de carga de +/- 20 kg), según el promedio de compras de la población objetivo y estándar de capacidad de los carros de mercado tradicionales. Así mismo, se busca que el torque de tracción aplicar por el usuario sobre el prototipo en estado vacío sea de máximo 2 kgf y con carga máxima sea de 5 kgf.

En cuanto a la estructura general o cuerpo del prototipo, mediante la impresión 3D con material filamento PLA ( $\varnothing 1,75 \pm 0,10$  mm – Temp. 200 °C – densidad 1,24 g/cm<sup>3</sup> (ASTM D792) se generaron paneles de ensamblaje sobre una placa de aluminio calibre 12 (Rojas Martinez & Florez Hernández, 2020). La fuente de alimentación eléctrica proviene de 5 baterías de litio de 11.8V cada una con fuente de alimentación DC-DC a 5V.

El prototipo 1 tiene como base funcional una tarjeta Arduino Mega (Nurbekova, 2020) que controla 2 servomotores MG995 cada uno con un torque hasta de 10kgf.cm, regulando la velocidad y el sentido de giro a través de una señal PWM de 50Hz y cambiando su ciclo útil entre 1ms y 2ms; se dotó con tecnología de sensores infrarrojos de corto alcance para seguir un objetivo y mantener la distancia del mismo en un parámetro de seguridad. El sensor infrarrojo cuenta con capacidad teórica de operación hasta 30 cm del objetivo (López Carmona, 2020).

Sin embargo, en la práctica las detecciones presentaron altas variaciones por condiciones de iluminación y distinción de colores entre el objetivo y el entorno, por lo

cual bajo una calibración de 10 cm mejora su desempeño pero no hace viable una distancia segura del prototipo y el usuario. Con lo anterior, la tecnología infrarrojo se incorporará como sensor sensores complemento para evitar obstáculos laterales y choques al retroceder.

Para el segundo prototipo, se incorporó a la base funcional anteriormente descrita la tecnología de sensores por ultrasonido SFR04 (Shen, y otros, 2020), con el fin de minimizar las variaciones de medición por iluminación y color, dada el rango de medición que va desde 3cm hasta los 300cm. De esta manera se logra que el prototipo realizase los primeros seguimientos en sentido lineal hacia el usuario de manera efectiva, pero presentando limitaciones en giros con rangos de 75° y 105° del eje centro del prototipo (90°); por lo cual se opta por incorporar 3 sensores de ultrasonido logrando un ángulo de detección de 120°.

Identificadas las limitaciones de amplitud de espectro para el seguimiento de objetivos, tanto de los sensores infrarrojo como ultrasonido, se contempla la utilización de las siguientes tecnologías para el prototipo 3:

- *LiDAR, (Light Detection And Ranging)* para realizar un escaneo del entorno y obtener un modelo 3D de este. Aunque es posiblemente uno de los mejores sistemas, el alto costo de los sensores más la elevada complejidad implementación no lo hacen viable para el desarrollo del producto.
- Señales inalámbricas como *WIFI* o *Bluetooth* para lograr la ubicación de una estación inalámbrica conociendo la potencia recibida desde varias fuentes usando la triangulación como precisión. Sin embargo, efectos como la refracción y difracción de la señal cambian la medida y comprometen la fiabilidad de los datos.
- Sistema GPS (Sistema Global de Posicionamiento), es un sensor que ofrece una alta utilidad y precisión en exteriores pero en locaciones cerradas su precisión es baja o nula si se llega a perder señal satelital.
- *AIS (Artificial Vision Systems)*, a través de una cámara frontal y complementada con sensores de ultrasonido, opera el procesamiento continuo de la imagen logrando obtener la ubicación permanente del usuario y planear el movimiento del prototipo sin restricción de ángulo de maniobra.

La tecnología *AIS* (Júnior, Piardi, Bertogna, & Leitão, 2021) se incorporó para el desarrollo del prototipo 3, mediante una cámara de 5Mpx para el procesamiento de la imagen y se modifica la base funcional inicialmente por un ordenador de placa reducida *Raspberry Pi 3B+*, que dada la baja velocidad de procesamiento de imagen se hace necesario reemplazar por un modelo *Raspberry Pi 4* (J, 2020).

De esta manera, a través del uso del sistema de código abierto se logra hacer un reconocimiento inicial de usuario, definir su ubicación y realizar mediciones constantes sobre la distancia entre el prototipo y el usuario, minimizando los inconvenientes de refracción, luminosidad y amplitud de visión y giro; logrando una mejora significativa en la autonomía del prototipo. Las posibilidades de mejora del sistema partiendo de la visión artificial son enormes pudiendo detectar objetos y obstáculos, aumentando la autonomía del prototipo para maniobrar en diferentes entornos como los andenes, calles, pasillos de supermercados entre otros, sin que el usuario tenga que maniobrar y aplicar esfuerzo físico para su desplazamiento.

Adicionalmente, a través del uso de tecnología de impresión 3D se realizaron diseños de ejes y acoples para el sistema de ruedas triples o tipo trébol, con el fin de lograr la mejor conjuración (5,4 pulg entre ejes - rueda Ø 3,8 pulg – resist. 50 kg) que permita minimizar la fuerza aplicada por el usuario a la hora de halar o subir el prototipo en andenes u obstáculos de desnivel.

### **Principales Funcionalidades del Prototipo**

Las principales funcionalidades se basan en cubrir algunas de las deficiencias y limitaciones que poseen los carros de mercado disponibles frente a las necesidades y condiciones del segmento de cliente objetivo. Las principales son:

- Conducción asistida: Posee mecanismos e instrumentos que le permiten seguir al usuario de manera autónoma en trayectos sin inclinación, sin que este aplique un esfuerzo físico para su desplazamiento.
- Ruedas triples: Este componen se ubica en la parte trasera del producto y permite disminuir la aplicación de esfuerzo físico por parte del usuario a la hora de subir un andén o desnivel.
- Sensores de proximidad: Permite identificar y prevenir obstáculos para que el producto redirija su marcha hacia un espacio libre.

- Sistema de visión artificial: Esta tecnología permite referenciar por video el usuario y genera información sobre su posición para permitir el seguimiento a una distancia segura.

### **Potenciales Usos y Organizaciones de Interés**

Sin duda los productos diseñados para la mejora de la calidad de vida de las personas permiten una diversificación en su uso en muchos campos; a continuación se identifican 3 potenciales sectores para su uso:

- Salud: Soporte para la carga y desplazamiento de equipos de asistencia médica para pacientes, tales como respiradores, monitoreo de signos o balas de oxígeno. Empresas como EPS pueden ser clientes estratégicos ya sea en un modelo de alquiler o venta del producto
- Industria: Transporte y carga de herramientas, partes o equipos necesarios para que un operación se pueda trasladar a través de una línea de producción. El sector metalmecánico o automotriz son potenciales usuarios dados los modelos de sus líneas de producción.
- Comercio: Como parte del desarrollo del mercado de entregas, domicilios o *delivery*. El sector retail de proximidad o minorista suele incorporar este tipo de tecnologías para facilitar sus entregas.

### **Ventajas y Desventajas**

#### **Ventajas**

- La utilización del producto es muy simple por lo que no requiere
- El producto permite incorporar nuevos aditamentos y complementos que permitan customizar su uso y diseño a cada cliente.
- El producto permite generar ingresos por alianzas con empresas del sector *retail*, ya sea en el alquiler o la colocación publicitaria de marcas.
- La oportunidad de especializar el producto para el sector salud, como solución para la carga y desplazamiento de equipos médicos en pacientes que requieren asistencia continua.

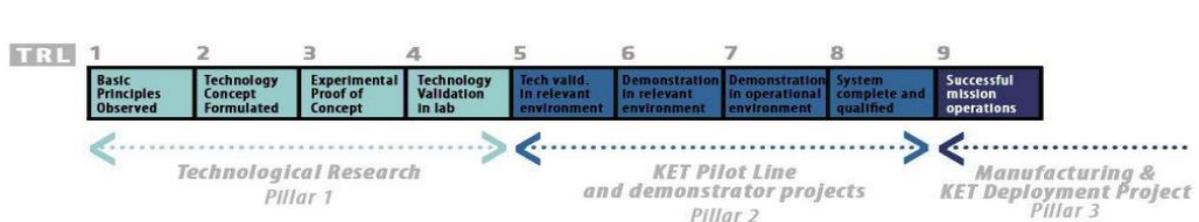
### *Desventajas*

- La especificación y limitación del tamaño y segmento de mercado.
- No existen productores locales o regionales de los componentes electrónicos (magnómetro, giroscopio, tarjetas board).
- La volatilidad de las divisas que conllevan al aumento de los costos de adquisición de los componentes.

### **Nivel de Madurez del Prototipo**

Tomando como base en los Niveles de Madurez Tecnológica (*Technology Readiness Level*) por sus siglas TRL's (NASA, 2021), y bajo la perspectiva del llamado H2020 de (European Commission, 2016), se analiza el estado y nivel de desarrollo del prototipo frente al referente con el fin de comprender el avance y los estados futuros en los que se debe testear y ajustar el prototipo.

**Figura 5.** *Technology Readiness Levels* - Niveles De Madurez Tecnológica



**Fuente:** (European Commission, 2016)

Como resultado del análisis y a la luz de los criterios contenidos en cada nivel, se identifica que el prototipo se encuentra en el nivel TRL 5. Validación en entorno relevante; nivel que se define así: “Componentes tecnológicos integrados de manera que la configuración del sistema sea similar a su aplicación final en casi todas sus características. Su operatividad es aún a nivel laboratorio. Pruebas a escala en laboratorio en un sistema operativo condicionado.” (European Commission, 2016, pág. 16).

### **Análisis de Costos y Viabilidad Económica**

A través del ejercicio de análisis de costos y viabilidad económica se ha podido proyectar un punto de equilibrio de 45 unidades y una proyección de producción para el primer año del 10% de la población objetivo inicial. Bajo condiciones de interés cercana al IPC 2021

para el país, se obtiene un VAN (valor actual neto) positivo de \$136 millones y una TIR (tasa interna de retorno) de 54%, lo que indica una viabilidad económica para el proyecto. Cabe aclarar que la optimización de los costos variables depende de los volúmenes de importación de componentes electrónicos y a la estabilidad de las divisas.

**Tabla 3.** Análisis de costos y punto de equilibrio

*\*Cifras en millones de pesos COP*

<b>Inversión</b>	<b>\$ 20,00</b>				
<b>Costo Fijo</b>	<b>\$ 5,82</b>	<b>Unids</b>	<b>Ventas</b>	<b>Costos</b>	<b>Utilidad</b>
Gastos Admin	\$ 3,35	20	\$ 12,0	\$ 15,2	-\$ 3,2
Gastos Ventas	\$ 1,11	45	\$ 27,0	\$ 27,0	\$ 0,0
Gastos Producción	\$ 1,36	100	\$ 60,0	\$ 52,9	\$ 7,1
		150	\$ 90,0	\$ 76,5	\$ 13,5
<b>Costo Variable Unit</b>	<b>\$ 0,47</b>				
<b>Precio Unitario</b>	<b>\$ 0,60</b>				
<b>Punto de Equilibrio</b>	<b>45 unidades</b>				

**Fuente:** elaborada por los autores.

**Tabla 4.** Análisis VAN y TIR

<b>Mes</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<b>Total</b>
<b>Unidades</b>	100	100	110	120	130	140	150	170	190	210	230	250	<b>1900</b>
<b>n =</b>	12,0			<b>VNA</b>			<b>136,2</b>						
<b>i =</b>	0,1			<b>TIR</b>			<b>54%</b>						

$$\frac{IO = 20,0}{\text{-----}}$$

**Fuente:** elaborada por los autores.

### **Fallas de Mercado**

Un fallo es una consecuencia negativa del funcionamiento del mercado y se produce cuando este no es eficiente en la asignación de los recursos disponibles (Arias, 2015). Entre las principales fallas del mercado, la inestabilidad del ciclo económico destaca que cuando la actividad económica fluctúa en fases alternas de expansión y recesión, la mano de obra es el recurso número uno que sacrifican las empresas cuando las cosas empiezan a ir mal. Esto lleva otra falla, identificada como la distribución desigual del ingreso. Inevitablemente, el nivel de ingresos en tan solo unas pocas personas es suficiente para pagar los precios de los bienes y servicios; las fluctuaciones en los precios de los recursos provocan inflación, huelgas civiles y riesgos relacionados que caen directamente con los productos, como consecuencia de externalidades y situaciones directas e indirectas del mercado.

La creciente demanda de chips está provocando serios problemas de suministro en diversos sectores de la industria, son cada vez más las plantas de fabricación de automoción que han tenido que detener su producción debido a la falta de semiconductores (Rosa, 2021), más de 75% de la producción mundial de chips o semiconductores se concentran en dos países, Taiwán y Corea del Sur. Esta concentración de la capacidad manufacturera ha agravado el problema de abasto de chips. (González, 2021)

### **Conclusiones**

Dadas las restricciones propias de salud y condición motriz que presentan las personas en condición de discapacidad y adulto mayor con movilidad reducida, además de las limitaciones generadas por el mal estado del espacio público y la falta de mecanismos que les permita movilizarse en el transporte público, es necesario visibilizar soluciones que faciliten la carga y desplazamiento autónomo de víveres, desde el punto de abastecimiento periférico hasta el hogar, mediante el diseño de un prototipo de carro de mercado de conducción asistida, a través de una investigación aplicada con enfoque triangular apoyada en instrumentos de recolección de información en campo y cartografía social.

A través del ejercicio investigativo se logró definir las características poblacionales del cliente objetivo acorde con las variables de localización, ingresos, edad y tendencias poblacionales, se evidencia la oportunidad e interés del mercado objetivo sobre el producto, dados los mecanismos que típicamente utiliza la población objetivo para el desplazamiento de sus compras.

El propósito del prototipo y las tecnologías que apalancan su funcionamiento, hacen que en conjunto responda a las necesidades identificadas desde una estrategia de innovación incremental que busca el bienestar al usuario desde una solución accesible.

Dados los principios de autonomía, localización y seguimiento que se busca en el prototipo, fue necesario iterar con tecnologías como señales de infrarrojo, radiofrecuencia, GPS y visión por AIS, siendo la última la que mejores resultados de localización y movilización autónoma del prototipo.

A pesar de la existencia de políticas públicas y normas técnicas orientadas al cuidado, inclusión y diseño de espacios y medios públicos aptos para personas en condición de discapacidad y adulto mayor con movilidad reducida, su implementación es escasa y de bajo impacto sobre las realidades y necesidades de esta población.

Las condiciones de calidad y diseño andenes es de cerca del 55%, para las 7 localidades en las que se concentra la población objetivo, lo que conlleva a recalcular variables de potencias y fuerza mecánica del prototipo con el fin de poder responder a las diferencias de superficie, altura e irregularidades del suelo de los espacios públicos, minimizando la aplicación de fuerza directa por parte del usuario.

## Referencias

- Alibaba. (16 de 03 de 2021). *Alibaba.com*. Obtenido de [https://www.alibaba.com/product-detail/40L-270LSteel-Grocery-Supermarket-shopping-car\\_486368569.html](https://www.alibaba.com/product-detail/40L-270LSteel-Grocery-Supermarket-shopping-car_486368569.html)
- Arias, A. S. (2015). *Economipedia.com*. Obtenido de Fallo de mercado.: <https://economipedia.com/definiciones/fallos-de-mercado.html>
- Ariza Ruiz, D. (2020). *Seminario de Investigación Eje I*. Bogotá: FUAA.

- Barragán León, A. N. (2019). Cartografía social: lenguaje creativo para la investigación cualitativa. *Sociedad y Economía No. 36*, 18.
- Beosch, P. M. (2017). Cost-based analysis of autonomous mobility services. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X17300811?via%3Dihub>
- Blyth, P.-L. (2019). Of Cyberliberation and Forbidden Fornication: Hidden Transcriptsof Autonomous Mobility in Finland. Obtenido de [t.ly/PI91](https://t.ly/PI91)
- Castro Jaramillo, M. (2016). *Cartografía social como recurso metodológico en los procesos de planeación territorial*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ceres, R. (2014). *Sensores de proximidad para la conducción asistida por personas con discapacidad*. Madrid: Instituto de Automática Industrial.
- Colomer, J. (2018). *Estudio de los sensores para la detección de obstáculos aplicables a robots móviles*. Barcelona: Universitat Oberta Catalunya.
- Congreso de Colombia. (2016). *Ley 616 de 2013 Por el cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas en condición de discapacidad*. Bogotá: Congreso de Colombia.
- Cordera, S. N.-G. (2020). New urban planning challenges under emerging autonomous mobility: evaluating backcasting scenarios and policies through an expert survey. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719319945>
- DANE. (2020). *Personas con Discapacidad, retos diferenciales en el marco del COVID - 19*. Bogotá: DANE.
- Departamento Nacional de Planeación. (2012). *Política Nacional de Espacio Público*. Bogotá: DNP.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Envejecimiento en Colombia en el Mundo*. Bogotá: DPN.
- Drucker, P. (1994). *La Innovación y el Empresariado Innovador*. Buenos Aires: Suramericana.

- El Heraldo. (03 de 07 de 2014). *Araven lanza un nuevo concepto de carro de compra para supermercados*. Obtenido de Diario el Heraldo: [https://www.heraldo.es/noticias/economia/2014/07/03/araven\\_lanza\\_nuevo\\_concepto\\_carro\\_compra\\_para\\_supermercados\\_297433\\_309.html](https://www.heraldo.es/noticias/economia/2014/07/03/araven_lanza_nuevo_concepto_carro_compra_para_supermercados_297433_309.html)
- European Commission. (2016). *Technology Readiness Level (TRL) in NMP Proposals*. European Commission.
- Galán , R. (03 de 06 de 2019). *Un día como hoy se inventó el carrito de la compra*. Obtenido de Esquire: <https://www.esquire.com/es/actualidad/a27701062/carrito-de-la-compra-sylvan-goldman-orla-watson-invento/>
- Garavito Velandia, D., & Vargas Parra, G. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de movilidad autónomo para un carro de mercado estándar*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Gómez, L. (2011). Un espacio para la Investigación Documental. *Revista Vanguardía U. Manuela Beltran*, 6.
- González, L. M. (2021). Escasez global de chips, ¿oportunidad? *La República*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/analisis/luis-miguel-gonzalez-2851319/escasez-global-de-chips-oportunidad-3250823>
- Guías Prácticas. (23 de 11 de 2017). *Coches eléctricos*. Obtenido de Guías Prácticas.com: <http://www.guiaspracticas.com/coches-electricos/carritos-de-supermercado-electricos>
- Habegger, S. (2017). *El poder de la cartografía social*. Barcelona.
- Halkola, H., & Häikiö, L. (2020). *Independent living with mobility restrictions: older people's perceptions of their out-of-home mobility*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hossian, A., Merlino, H., & Alveal, E. (2020). *Desarrollo e impacto del campo de la Robótica en América Latina. Hacia una propuesta superadora en el contexto de la IV Revolución Industrial*. Lanus, Provincia de Buenos Aires: Simposio Argentino de Historia, Tecnologías e Informática.
- IDEO. (2019). <https://www.ideo.com/post/reimagining-the-shopping-cart>. Obtenido de IDEO: <https://www.ideo.com/post/reimagining-the-shopping-cart>

- International, B. (2020). What is a monadic test? Obtenido de <https://www.b2binternational.com/research/methods/faq/what-is-a-monadic-test/>
- J, C. (2020). *Raspberry Pi History*. In: *Build Your Own Car Dashboard with a Raspberry Pi*. Berkeley.
- Júnior, A. d., Piardi, L., Bertogna, E. G., & Leitão, P. (2021). *mproving the Mobile Robots Indoor Localization System by Combining SLAM with Fiducial Markers*. Brazilian: Latin American Robotics Symposium (LARS).
- López Carmona, M. (2020). *Calibración de sensores infrarrojos utilizando la plataforma Raspberry Pi*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Mayorga Henao, J., & García García, D. (2018). Calidad de vida y acceso inequitativo al espacio público de Bogotá. *Documents d'Análisi Geogràfica*, 65/1.
- MercadoLibre.com. (11 de 16 de 2021). *MercadoLibre.com*. Obtenido de <https://listado.mercadolibre.com.co/cocina-articulos-compras-carritos/>
- MinSalud. (2015). *Política Colombiana de Envejecimiento Humano y Vejez*. Bogotá: Ministerio de Salud de Colombia.
- Molina Gallo, A. (2016). *Instalaciones digitales pra el adulto mayor y personas con movilidad reducida*. Pereira: Universidad Católica de Pereira.
- Muela, D. (2017). El carrito de la compra que se convierte en mochila y que nunca llegó a comercializarse. *Revista V*, 12.
- NASA. (01 de 04 de 2021). *Technology Readiness Level*. Obtenido de [https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology\\_readiness\\_level](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level)
- Neves, A. (2017). Functionalities and Requirements of an Autonomous Shopping Vehicle for People with Reduced Mobility. Obtenido de <https://www.scitepress.org/papers/2017/63859/63859.pdf>
- Nurbekova, Z. T. (2020). *Project-Based Learning Technology: An Example in Programming Microcontrollers*. Kassel: International Journal of Emerging Technology in Learning.

- Pàramo, P., & Burbano Arroyo, A. (2016). Valoración de las condiciones que hacen habitable el espacio público en Colombia. *Territorios Universidad del Rosario*, 187 - 206.
- Perez Toledo, J. (2015). *Innovación empresarial, características, factores y determinantes*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Poveda D`Otero, J., & Marquez, L. (2017). Patrones de viaje y problemas de accesibilidad de personas. *Revista Lasallista de Investigación*, 20.
- Rani, I., & Boopathy, S. (2019). *A low cost solar powered vehicle – a boon for physically challenged person*. Berlin: Assistive Technology.
- Rojas Martinez, L., & Florez Hernández, C. (2020). *3D printing of PLA composites scaffolds reinforced with keratin and chitosan: Effect of geometry and structure*. European Polymer Journal.
- Rosa, J. M. (2021). *theconversation.com*. Obtenido de Desabastecimiento de chips: un problema y una oportunidad: <https://theconversation.com/desabastecimiento-de-chips-un-problema-y-una-oportunidad-168291>
- Salazar Quintana, M. (2016). *Implementación de un carrito de compras inteligente utilizando tecnología RFID*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Shen, M., Wang, Y., Jiang, Y., Ji, H., Wang, B., & Huang, Z. (2020). *A New Positioning Method Based on Multiple Ultrasonic Sensors for Autonomous Mobile Robot*. Zhejiang: College of Control Science and Engineering, Zhejiang University.
- Talero Cañon, W. (2015). *Seguridad en los autos con sistemas de apoyo a la conducción*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- USPTO. (18 de 03 de 2020). *United States Patent and Trademark Office*. Obtenido de <https://search.uspto.gov/search?query=grocery+car&op=Search&affiliate=web-sdmg-uspto.gov>
- Vargas Cordero, Z. R. (2009). *La investigación aplicada, una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. San José de Costa Rica: Universidad de Costa Rica.