

Dispositivo de Asistencia Económico y de bajo costo para Personas con Discapacidad Visual en Arequipa

Resumen– Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un dispositivo de asistencia ergonómico y asequible basado en visión artificial e IoT para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual en la ciudad de Arequipa. La propuesta de valor radica en proporcionar a los usuarios la capacidad de reconocer billetes y objetos en su entorno cotidiano, lo que aumenta su autonomía y la independencia en sus actividades diarias. El dispositivo se diseñará para ser accesible tanto para personas con discapacidad visual como para organizaciones de apoyo. Se explorará una estrategia de distribución diversificada, incluyendo ventas directas y canales en línea, y se considerará la posibilidad de servicios de suscripción para actualizaciones y características adicionales. El proyecto se basa en la innovación tecnológica y tiene como objetivo brindar una solución efectiva y escalable, no solo en Arequipa sino también en otras ubicaciones, con el potencial de mejorar significativamente la calidad de vida de las personas con discapacidad visual.

I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Según la (Organización Mundial de la Salud, 2010), existen aproximadamente 285 millones de personas con discapacidad visual (VI) en todo el mundo, de los cuales 39 millones son completamente ciegos. Como señala la (Unión Mundial de Ciegos, 2023), cerca de 253 millones de personas en todo el mundo presentan deficiencias visuales.

De acuerdo con las cifras del Ministerio de Salud (MINSA, 2014), en el Perú existen cerca de 160,000 personas invidentes y casi 600,000 que sufren alguna discapacidad visual que compromete su calidad de vida, desarrollo integral y bien familiar.

Asimismo, hasta el año 2013, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2013) reportó que 801 mil personas presentan limitación de forma permanente para ver incluso haciendo uso de anteojos. De este total, el 52,6% está en el área urbana y el 44,8% en el área rural.

En este contexto, según la Primera Encuesta Nacional Especializada sobre Discapacidad llevado a cabo por el INEI en cooperación con el Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables, y el Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS) (INEI, Primera encuesta nacional especializada sobre discapacidad 2012, 2014), el porcentaje de personas con limitaciones para ver aún utilizando lentes, en la ciudad de Arequipa es del 3,4% (\% respecto a la población total), mientras que el porcentaje de personas con limitación visual ligera, moderada, grave y completa ascienden a 12,8%, 67,4%, 16,4% y 2,2 \% respectivamente (\% con respecto al total de personas con esta limitación).

Estas cifras indican que las limitaciones de estas personas para realizar actividades diarias no pueden ser ignoradas. Por ello, generar herramientas que promuevan la inclusión e independencia a personas que presentan discapacidad visual es una tarea necesaria y en donde la tecnología puede jugar un papel fundamental. Mediante el uso de la tecnología es posible diseñar, desarrollar, implementar y gestionar soluciones (realizar herramientas con IoT y generando soluciones innovadoras) a diversos problemas sociales (Thomas, 2008), como se citó en (Hernández, 2022). Incrementar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de personas con discapacidad visual debe ser uno de los desafíos que se debe de afrontar (Thomas, 2008).

En la actualidad existen herramientas de asistencia para personas con discapacidad visual, que se enfocan en resolver problemas de desplazamiento, movilidad, orientación y reconocimiento de objetos. Muchas de estas herramientas han quedado como propuestas, proyectos o prototipos, pero ninguno ha sido comercializado. En (Fernandez, 2021) se propone el desarrollo de un bastón sensorial geolocalizador inteligente para apoyar en el desplazamiento de personas invidentes. Del mismo modo, se ha encontrado en (Lizárraga, 2018) una propuesta de diseño de bastón electrónico para mejorar la calidad de vida del desplazamiento diario de personas invidentes. Por otro lado, en (Vargas, 2020) proponen el desarrollo de un prototipo de gafas vibratorias basado en Arduino que contribuye a la detección de obstáculos.

La mayoría de las soluciones encontradas se enfocan en el desplazamiento seguro de personas con discapacidad visual, así como el reconocimiento de objetos que puedan encontrarse en su entorno. A este respecto, el presente proyecto propone la construcción de un dispositivo de asistencia para personas con discapacidad visual mediante el uso y aplicación de algoritmos de visión artificial y tecnologías de IoT. Para enfocar la solución, este trabajo se centra en objetos que sean consistentes a actividades relacionadas al reconocimiento de billetes y detección de objetos como prendas de vestir (color y tipo) y elementos del entorno.

II. MODELO DE NEGOCIO (CANVAS)

Socios Clave <ul style="list-style-type: none"> • Proveedores de tecnología y componentes. • Organizaciones de discapacidad visual. • Socios de distribución y venta. 	Actividades clave <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo y fabricación del dispositivo. • Investigación y mejora continua. • Campañas de marketing y promoción. 	Propuesta de valor <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de asistencia accesible. • Reconocimiento de billetes y objetos. • Aumento de la autonomía y calidad de vida. 	Relación con los clientes <ul style="list-style-type: none"> • Soporte y servicio al cliente. • Actualizaciones de software y mantenimiento. • Brindar asistencia y capacitaciones sobre el uso del dispositivo de asistencia. 	Segmento de cliente <ul style="list-style-type: none"> • Personas con discapacidad visual. • Organizaciones de apoyo a personas con discapacidad visual. • Instituciones gubernamentales y organizaciones benéficas.
	Recursos clave <ul style="list-style-type: none"> • Tecnología de visión artificial. • Desarrolladores de software. • Instrumentos de impresión 3D. Incluye Hardware y Software. • Red de distribución y venta. 		Canales <ul style="list-style-type: none"> • Ventas directas a través de tiendas de tecnología y socios de distribución. • Plataformas de comercio electrónico. • Asociaciones con organizaciones de discapacidad visual. 	
Estructura de costes <ul style="list-style-type: none"> • Costos de desarrollo de hardware y software. • Gastos de fabricación y producción. • Gastos de marketing y distribución. 		Fuente de ingresos <ul style="list-style-type: none"> • Ventas del dispositivo de asistencia a precios accesibles a personas con discapacidad visual, de acuerdo con sus requerimientos de ergonomía. • Ventas del dispositivo de asistencia a precios accesibles a organizaciones de discapacidad visual. 		

El Modelo Canvas aplicado a la propuesta se enfoca en el desarrollo de un dispositivo de asistencia ergonómico y accesible basado en visión artificial e IoT para mejorar la autonomía de personas con discapacidad visual. La propuesta de valor se centra en la capacidad del dispositivo para reconocer billetes y objetos, y los segmentos de clientes incluyen tanto a personas con discapacidad visual como a organizaciones de apoyo. Los canales de distribución involucran la difusión de resultados a través de publicaciones académicas y colaboraciones con socios clave, mientras que las fuentes de ingresos se relacionan con la financiación de la investigación. Las actividades clave incluyen la investigación y desarrollo del dispositivo, la recopilación de datos y la colaboración con diversas partes interesadas. Los recursos clave abarcan desde el equipo de investigación hasta la tecnología de visión artificial, y los socios clave pueden ser instituciones académicas y organizaciones de discapacidad visual. La estructura de costos incluye gastos de investigación y posibles fuentes de financiación. Este modelo es esencial para comprender la estrategia y la operación de la investigación propuesta de manera clara y concisa.

III. AJUSTE DEL PRODUCTO AL MERCADO

La adaptación del producto al mercado es una fase crítica de la propuesta, ya que busca asegurar que el dispositivo de asistencia desarrollado se ajuste de manera efectiva a las necesidades y demandas de las personas con discapacidad visual

- A. Evaluación de Necesidades del Mercado:* Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de las necesidades de los usuarios potenciales, incluyendo personas con discapacidad visual y organizaciones de apoyo. Esto implica la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos mediante encuestas, entrevistas y grupos focales para comprender sus desafíos diarios y expectativas con respecto al dispositivo.
- B. Diseño Centrado en el Usuario:* Basándonos en los datos recopilados, el diseño del dispositivo se centrará en las necesidades y preferencias de los usuarios. Esto incluirá consideraciones ergonómicas, interfaces de usuario accesibles y la capacidad de adaptarse a diferentes entornos y situaciones.
- C. Pruebas Piloto y Retroalimentación Continua:* Se llevarán a cabo pruebas piloto con un grupo de usuarios representativos para evaluar la usabilidad y eficacia del dispositivo en situaciones del mundo real. La retroalimentación de los usuarios será esencial para realizar mejoras iterativas en el producto.
- D. Adecuación Cultural y Lingüística:* Dado que el dispositivo estará destinado a usuarios en la ciudad de Arequipa, se prestará especial atención a las consideraciones culturales y lingüísticas en el diseño y funcionamiento del producto, asegurando que sea relevante y efectivo en este contexto específico.
- E. Colaboración con Organizaciones de Apoyo:* Se establecerán alianzas con organizaciones locales que brindan apoyo a personas con discapacidad visual para garantizar una distribución efectiva y el acceso de los usuarios al dispositivo.
- F. Estrategia de Comunicación y Educación:* Se desarrollará una estrategia de comunicación integral para informar a la comunidad sobre el dispositivo y educar a los usuarios potenciales sobre su uso y beneficios. Esto puede incluir talleres, seminarios web y materiales educativos.

La adaptación del producto al mercado es un proceso continuo y colaborativo que garantiza que el dispositivo de asistencia cumpla con su propósito de mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual en Arequipa y responda a sus necesidades de manera efectiva y significativa.

IV. PERFIL DE USUARIO

El perfil de usuario de nuestro dispositivo de asistencia ergonómico y basado en visión artificial e IoT se centra en atender las necesidades específicas de las personas con discapacidad visual en la ciudad de Arequipa. Este perfil se ha desarrollado a través de la interacción continua con la comunidad de usuarios y se describe de la siguiente manera:

1. **Personas con Discapacidad Visual:** Nuestro usuario principal son personas con discapacidad visual, cuyas edades oscilan entre 20 a 50 años. Esto incluye a individuos que son ciegos desde el nacimiento, así como aquellos que han perdido la visión debido a enfermedades o lesiones.
2. **Dificultades Visuales Variables:** Los usuarios pueden experimentar diferentes niveles de dificultades visuales, desde la ceguera total hasta la baja visión. El dispositivo se adapta para satisfacer las necesidades de este espectro diverso de usuarios.
3. **Usuarios de Tecnología:** Los usuarios están familiarizados con la tecnología y son capaces de interactuar con dispositivos electrónicos, como teléfonos inteligentes y tabletas. Tienen la disposición de adoptar nuevas tecnologías que mejoren su independencia y calidad de vida.
4. **Dependencia de Ayudas Visuales:** Muchos usuarios dependen de ayudas visuales, como bastones o perros guía, para navegar por su entorno. El dispositivo complementa estas ayudas, brindando información adicional y reconocimiento de objetos y billetes.
5. **Usuarios Activos en la Comunidad:** Nuestros usuarios son miembros activos de la comunidad en Arequipa. Participan en actividades diarias, como ir de compras, moverse por la ciudad y realizar transacciones financieras, y buscan herramientas que les permitan hacerlo de manera más independiente.
6. **Diversidad Cultural y Lingüística:** Los usuarios provienen de diversos contextos culturales y lingüísticos, lo que requiere la capacidad de adaptar el dispositivo y su interfaz para satisfacer estas diferencias.

7. **Familiares y Cuidadores:** Además de los usuarios directos, los familiares y cuidadores desempeñan un papel importante en el uso y el apoyo del dispositivo, por lo que se consideran como usuarios secundarios.

El perfil de usuario guía el diseño y la adaptación continua del dispositivo, asegurando que sea accesible, efectivo y relevante para las personas con discapacidad visual en Arequipa. La comprensión de las necesidades y características de nuestros usuarios es fundamental para proporcionar soluciones que mejoren su autonomía y calidad de vida.

V. FUNCIONALIDADES DEL PRODUCTO

Nuestro dispositivo de asistencia ergonómico y basado en visión artificial e IoT ofrece una serie de funcionalidades clave diseñadas para mejorar la autonomía y la calidad de vida de las personas con discapacidad visual en la ciudad de Arequipa. Estas funcionalidades se dividen en tres etapas fundamentales (véase la imagen 1):

1. **Captura de Datos:** En esta etapa, el dispositivo utiliza una cámara de alta resolución (ESP32 Cam de Arduino) para capturar imágenes en tiempo real de billetes y objetos en el entorno del usuario. Esta cámara funciona como el "ojo" del dispositivo y realiza capturas continuas para un análisis constante.
2. **Procesamiento de Datos:** Una vez que se capturan las imágenes, entran en la etapa de procesamiento de datos. Aquí, las imágenes se someten a un proceso de preprocesamiento que incluye el ajuste de tamaño y la eliminación de ruido, lo que las prepara para un análisis preciso. El corazón de esta etapa es un modelo de aprendizaje profundo previamente entrenado, que se ejecuta en un microcontrolador Raspberry Pi Pico. Este modelo tiene la capacidad de identificar con una alta precisión tanto los billetes como los objetos, proporcionando resultados confiables y coherentes.
3. **Salida de Datos:** La última etapa del dispositivo se centra en la salida de datos. Los resultados del análisis, que identifican los billetes y objetos, se convierten en salidas de audio comprensibles mediante un algoritmo de conversión de texto a voz (Text-to-Speech). Esto permite que las personas con discapacidad visual accedan a la información de manera auditiva, lo que fomenta la inclusión y la accesibilidad en su vida diaria.

Estas funcionalidades integrales trabajan en conjunto para brindar una experiencia efectiva y eficiente a nuestros usuarios, mejorando su independencia y capacidad para interactuar con su entorno de manera más informada y autónoma.

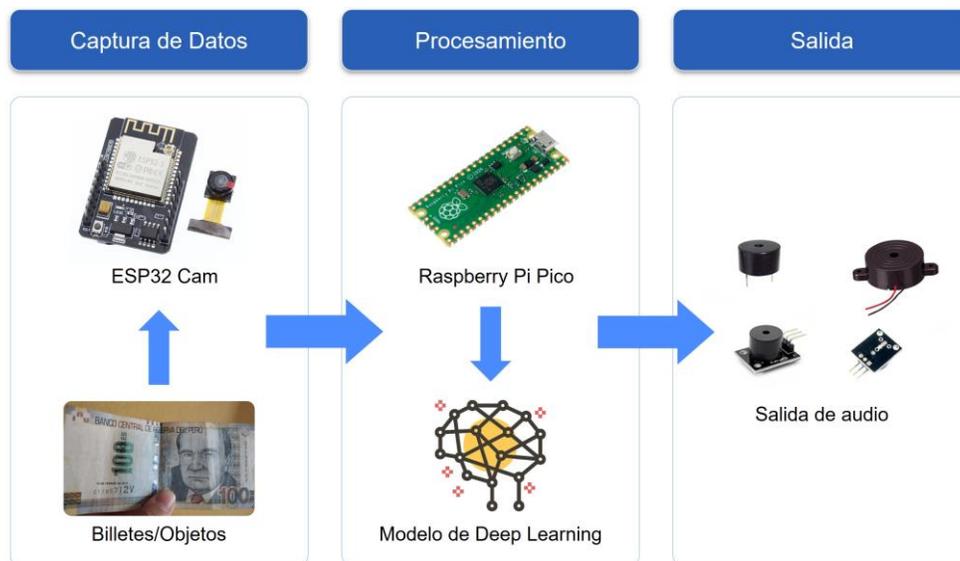


Ilustración 1: Diagrama de bloques del funcionamiento de nuestra propuesta

VI. PRODUCTO MÍNIMO VIABLE

Nuestro Producto Mínimo Viable (PMV) representa la versión inicial de nuestro dispositivo vestible diseñado para reconocer billetes a través de una cámara de Raspberry Pi. El PMV se enfoca en ofrecer las funcionalidades esenciales que permiten a los usuarios con discapacidad visual en la ciudad de Arequipa acceder de manera independiente a la información sobre billetes. A continuación, se describen las características clave del PMV:

1. **Detección de Billetes en Tiempo Real:** El PMV está equipado con una cámara de alta resolución de Raspberry Pi que permite la detección de billetes en tiempo real. La cámara es ajustable para adaptarse a diferentes condiciones de iluminación y ángulos de visión.
2. **Reconocimiento de Denominación:** El dispositivo es capaz de identificar la denominación de los billetes peruanos más comunes, incluyendo 10, 20, 50, y 100 nuevos soles, brindando esta información de manera audible al usuario.
3. **Interfaz de Audio:** La información sobre los billetes se comunica al usuario a través de una interfaz de audio, proporcionando una experiencia de usuario intuitiva y accesible.
4. **Diseño Portátil y Ergonómico:** El PMV se encuentra integrado en un dispositivo vestible diseñado para ser cómodo y práctico de usar en la vida diaria.
5. **Adaptabilidad a Entornos Cotidianos:** El dispositivo está diseñado para funcionar en entornos cotidianos, como tiendas, restaurantes, y espacios públicos, brindando a los usuarios la capacidad de reconocer billetes en diversas situaciones.
6. **Aprendizaje Continuo:** A medida que los usuarios interactúan con el dispositivo, se recopila retroalimentación para mejorar la precisión y la capacidad de reconocimiento de billetes.

El PMV marca el inicio de nuestro compromiso con la comunidad de personas con discapacidad visual en Arequipa. A medida que continuamos perfeccionando y ampliando las funcionalidades del dispositivo, buscamos proporcionar una solución más completa y efectiva para mejorar la independencia y la calidad de vida de nuestros usuarios en la región.

VI. CONSIDERACIONES FINALES

Dado que nuestro proyecto se enfoca en un dominio específico en Perú, la detección y reconocimiento de billetes presenta un desafío único. Hasta la fecha, no se ha dispuesto de un conjunto de datos de imágenes de billetes peruanos para entrenar modelos de aprendizaje profundo, lo que convierte esta tarea en un territorio relativamente inexplorado. Para abordar esta carencia, emprendimos la tarea de crear un conjunto de datos completo que ahora está disponible en Science Direct: [Enlace al Conjunto de Datos](#). Este conjunto de datos abarca un total de 6,568 imágenes de entrenamiento y 2,468 imágenes de prueba, proporcionando una base sólida para la investigación y desarrollo de nuestro proyecto.

REFERENCES

- [1] Fernández, R. (2021). Bastón sensorial geolocalizador inteligente para apoyar en el desplazamiento de personas invidentes en la organización regional de ciegos del Perú. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- [2] Hernández, A. (2022). Sistema de asistencia para personas con discapacidad visual basado en detección de objetos con deep learning. Chile: Universidad de Chile.
- [3] INEI. (2013). En el Perú 1 millón 575 mil personas presentan algún tipo de discapacidad. Obtenido de <https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/en-el-peru-1-millon-575-mil-personas-presentan-alg/#:~:text=El%20Instituto%20Nacional%20de%20Estad%C3%ADstica%20e%20Inform%C3%A1tica%20inform%C3%B3%20que%20801,para%20ver%20incluso%20usando%20anteojos>
- [4] INEI. (2014). Primera encuesta nacional especializada sobre discapacidad 2012. Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- [5] Lizárraga, C. (2018). Propuesta para el diseño de un bastón electrónico para personas invidentes que mejorara la calidad de su desplazamiento diario.
- [6] MINSA. (17 de Noviembre de 2014). En el Perú cerca de 160,000 personas son invidentes y unas 600,000 sufren de alguna discapacidad visual. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/31145-en-el-peru-cerca-de-160-000-personas-son-invidentes-y-unas-600-000-sufren-de-alguna-discapacidad-visual>
- [7] Organización Mundial de la Salud. (2010). Informe mundial sobre la visión. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331423/9789240000346-spa.pdf>. OMS.
- [8] Thomas, H. (2008). Tecnologías para la inclusión social y políticas públicas en América Latina.
- [9] Unión Mundial de Ciegos. (2023). World Blind Union. Obtenido de <https://worldblindunion.org/es/>
- [10] Vargas, S. (2020). Prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino. Informática.