



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

# SENSO-LINK

Integrantes del grupo 9:

- Daniel Alexander Rodríguez Giraldo
- Oliver Nicolás Rimapa Canches
- Leonardo Fabrizzio Ramírez Huerta
- Gabriel Enrique Rodríguez Marujo

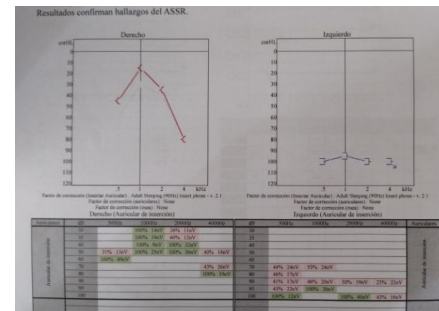


# Análisis del Caso: Síndrome CHARGE y afectaciones multisistémicas

El paciente Piero Franco Zapata, varón de 23 años, diagnosticado con **síndrome CHARGE**, una enfermedad genética multisistémica de baja prevalencia ( $\approx 1:10000$  nacidos vivos), asociada principalmente a mutaciones del gen **CHD7** localizado en el cromosoma 8q12.2. [1]

## Diagnóstico:

- **Síndrome CHARGE**: colobomas oculares bilaterales, ceguera total (OI) y baja visión (OD).
- **Hipoacusia neurosensorial bilateral**: (moderada OD, severa OI).
- Cirugía de **escoliosis dorsolumbar (D3–L4)**: rigidez postural y fatiga.
- **Déficit vestibular**: dificultad de equilibrio.
- Estado actual: clínicamente estable, pero con dependencia sensorial y emocional al desplazarse solo.

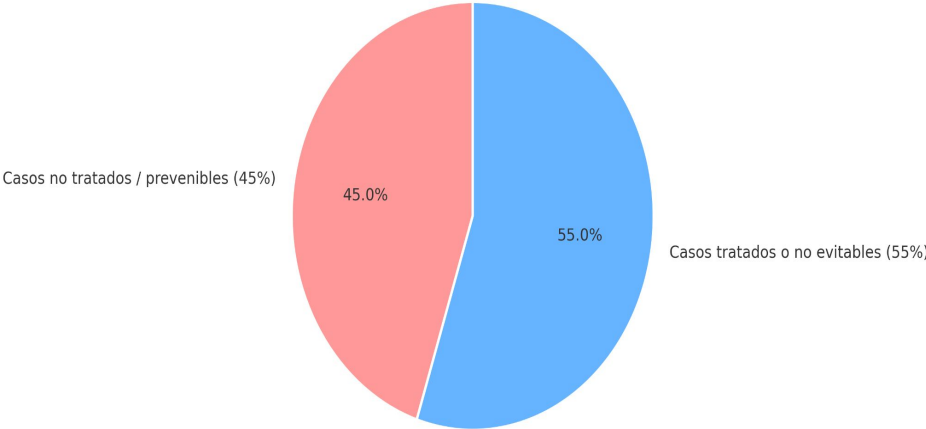


Imágenes sacadas del caso clínico en el blackboard

# Análisis del Caso: Síndrome CHARGE y afectaciones multisistémicas

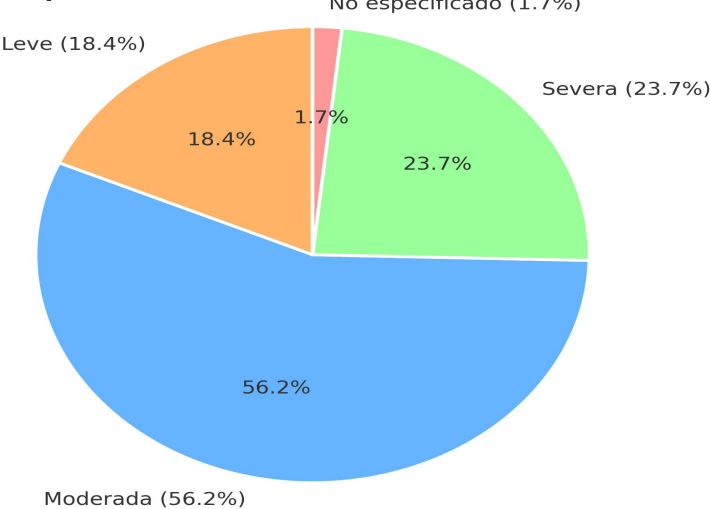
- 2 200 millones de personas en el mundo tienen algún grado de discapacidad visual [2]

Discapacidad visual en el mundo (OMS, 2024)



- En el Perú 801 mil personas con discapacidad visual permanente [3]

Discapacidad visual en el Perú (CONADIS, 2024)



# Análisis del Caso: Limitaciones sensoriales y funcionales en la vida diaria

Caso	Descripción clínica	Relevancia para el caso de Piero
Caso 1 – CHARGE con ceguera bilateral y hipoacusia [4]	Paciente de 27 años con mutación CHD7 confirmada. Presenta coloboma bilateral, ceguera total y sordera neurosensorial severa. Muestra retraso psicomotor y descoordinación postural. Rehabilitado con estimulación táctil y orientación háptica.	Similar a Piero en afectación visual y auditiva. Este caso evidencia la eficacia del entrenamiento táctil para la orientación y movilidad en entornos nuevos.
Caso 2 – CHARGE con baja visión funcional y hipoacusia parcial [5]	Adulto joven de 33 años con coloboma retiniano parcial y audición conservada en un oído. Mantiene autonomía parcial con bastón, pero refiere ansiedad y desorientación espacial. Se entrenó con un sistema háptico de navegación (vibración direccional).	Coincide con Piero en el uso del bastón y la visión monocular. Refuerza la utilidad de retroalimentación háptica direccional para reducir ansiedad y dependencia familiar.
Caso 3 – CHARGE infantil con déficit vestibular y ceguera parcial [6]	Niño de 8 años con coloboma unilateral, hipoplasia del laberinto vestibular y sordera leve. Recibe rehabilitación combinada de estimulación táctil + audio direccional. Mejora la orientación corporal y reduce caídas.	Aporta evidencia sobre la integración multisensorial táctil-auditiva, aplicable al diseño de sistemas combinados (bastón–chaleco) para movilidad segura.

Las principales limitaciones funcionales de Piero se relacionan con sus déficits sensoriales (visión y audición) y su alteración del equilibrio y la postura.

- **Visual:** dependencia tecnológica para lectura y orientación, con riesgo de caídas por falta de referencia espacial.
- **Auditiva:** dificultad para discriminar sonidos y comprender mensajes en ambientes ruidosos; eleva el volumen de su voz y requiere apoyo en terapia de lenguaje.
- **Postural y locomotora:** dolor y rigidez dorsal por fijación vertebral, lo que reduce su tolerancia a la bipedestación prolongada y genera fatiga.
- **Cognitiva y emocional:** atención conservada, pero con rasgos del espectro autista y antecedentes de depresión, que afectan la interacción social y la motivación.

World Health Organization (WHO), "Blindness and Visual Impairment – Fact Sheet," *World Health Organization*, Geneva, 2024. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

# Análisis del Caso: Necesidad no cubierta

Tras la entrevista con la Dra. Karen Amaya y el propio paciente, el grupo identificó que las terapias de rehabilitación motora habían sido exitosas, pero la principal limitación persistente es sensorial.

Piero expresó que su mayor frustración es no poder orientarse y movilizarse con seguridad en la universidad, ya que sus herramientas actuales —lupa digital y aplicación de lectura— no son suficientes para garantizar independencia visual ni su bastón verde para su autonomía en entornos cambiantes.

**Necesidad identificada:** “Falta de capacidad sensorial para realizar actividades cotidianas fuera de casa, especialmente derivada de su discapacidad visual y auditiva combinada.”

# Estado del Arte: Tecnologías de asistencia visual y sensorial existentes

Gama	Dispositivo / Proyecto	Funcionalidad principal	Ventajas	Limitaciones
Baja	<b>Access Light / Access Sound (Marquette University)</b> [7]	App móvil que mide niveles de luz y sonido del entorno mediante sensores del smartphone.	Bajo costo; usa hardware existente; permite evaluar condiciones ambientales.	Precisión variable según modelo del celular; no sustituye visión; no mejora orientación.
Media	<b>Pocketalker 2.0 (Williams AV)</b> [8]	Amplificador auditivo portátil con micrófono direccional y salida a audífono o auricular.	Mejora la comprensión del habla en entornos ruidosos; económico y fácil de usar.	No corrige hipoacusia profunda; requiere audición residual; puede generar retroalimentación acústica.
Alta	<b>OrCam MyEye Pro (OrCam Technologies)</b> [9]	Clip inteligente con cámara y procesamiento IA para lectura de texto, reconocimiento facial y objetos.	Lectura y orientación manos libres; gran autonomía; integración con actividades académicas.	Alto costo (~US\$4 500–5 000); dependencia de batería y soporte técnico.
Alta	<b>eSight Go (eSight Eyewear)</b> [10]	Gafas electrónicas con cámara frontal, procesamiento en tiempo real y micro-pantallas internas de alta resolución.	Mejora la agudeza visual (~7 líneas Snellen); permite lectura, movilidad y reconocimiento de rostros; conserva visión periférica.	Precio elevado (~US\$4 950); requiere entrenamiento y condiciones lumínicas adecuadas.

# Estado del Arte: Inspiraciones tecnológicas para nuestro prototipo

Patente	Dispositivo	Aporte clave	Aplicación
US9805619B2 [11]	Gafas hápticas	Convierte visión en tacto	Base para señal táctil en chaleco
US2022295209A1 [12]	Bastón inteligente	Detección de obstáculos	Integración con chaleco
WO2022131891A1 [13]	Bastón háptico	Vibración direccional	Refuerzo de seguridad
US10900788B2 [14]	Cinturón sensorial	Percepción 3D	Inspiración para vibraciones localizadas

# Metodología VDI

## 1. Requerimientos del sistema

### Funcionales (F):

1. **Detección de obstáculos en rango cercano** (0.2 m a 3 m).
2. **Retroalimentación háptica direccional** según proximidad/dirección del obstáculo.
3. **Sincronización bastón–chaleco** mediante comunicación inalámbrica (p. ej. Bluetooth).
4. **Modo bajo consumo de energía** para prolongar autonomía.
5. **Calibración del usuario** (ajuste de sensibilidad, zonas de vibración).

### No funcionales (NF):

1. **Peso máximo:** < 500 g adicionales (bastón + chaleco).
2. **Tiempo de respuesta:** latencia < 100 ms.
3. **Durabilidad:** resistente a impactos leves, uso diario.
4. **Facilidad de uso:** interfaz mínima, intuitiva.
5. **Costo objetivo:** menor que tecnologías altas (e.g. < US\$ 500).



# Metodología VDI

## **Función principal:**

“Permitir que el usuario perciba obstáculos en su entorno mediante vibraciones, con mínima dependencia visual/auditiva.”

## **Subfunciones:**

- **Sensado ambiental:** sensores ultrasónicos / de proximidad miden distancia.
- **Procesamiento:** módulo microcontrolador interpreta los datos y decide fuerza/vibración.
- **Comunicación:** transmite señales entre bastón y chaleco.
- **Actuación háptica:** vibradores ubicados estratégicamente en el chaleco (y opcionalmente en el bastón) vibran según dirección y proximidad.
- **Interfaz usuario:** opción de ajuste (umbral, intensidad) mediante botón o app.

## **Flujo simplificado (para la diapositiva):**

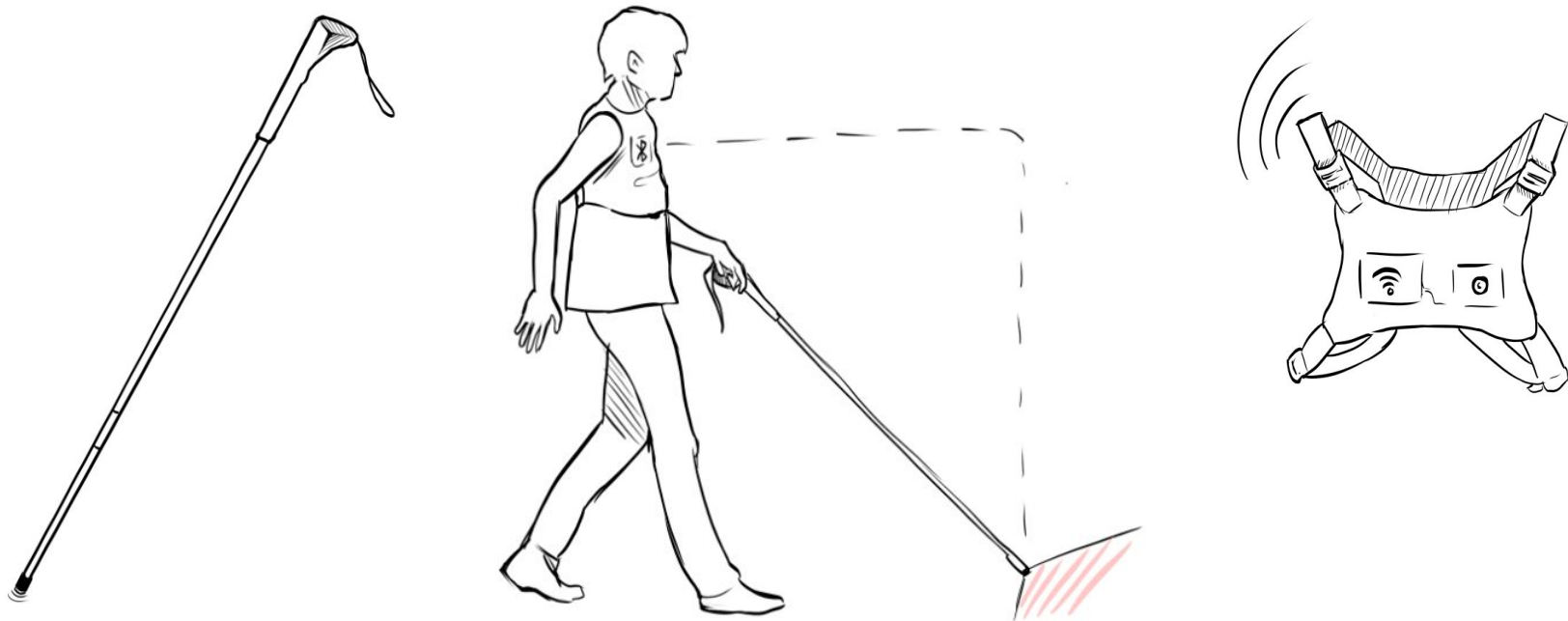
Sensado → procesamiento → envío señal → vibración háptica → feedback al usuario

Puede representarse con flechas entre bloques.

# Metodología VDI

<b>Variable / Dimensión</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>Alternativa C</b>
Tipo de sensor	Ultrasónico	Infrarrojo	LIDAR / Time-of-Flight
Vibración	Motores vibratorios lineales	Actuadores piezoeléctricos	Motores excéntricos de bajo perfil
Comunicación	Bluetooth BLE	ZigBee	Cable (modo respaldo)
Ubicación de vibradores	Chaleco (espalda)	Chaleco + hombros	Chaleco + guantes leves
Fuente de energía	Batería Li-Po recargable	Pilas AA recargables	Supercondensador + recarga solar
Estructura de bastón	Carcasa modular	Cuerpo monolítico con ranuras	Segmentado (modularidad futura)

# Metodología VDI



# Conclusiones/siguientes pasos

Al aplicar un proceso sistemático, identificamos y abordamos las barreras sensoriales y posturales del paciente con síndrome de CHARGE, como alteraciones multisensoriales que impactan autonomía y equilibrio –especialmente la visión limitada en casos como Piero Franco Zapata.

Siguiendo VDI, diseñamos una solución modular óptima: pechera inteligente con sensores de proximidad y dirección, sincronizada vía Bluetooth con un bastón que traduce el entorno en vibraciones táctiles intuitivas.

Esto prioriza ergonomía, ligereza y accesibilidad, usando materiales flexibles, electrónica confiable (sensores ultrasónicos, Arduino Nano) y fabricación como impresión 3D. Frente a opciones caras y auditivas actuales, ofrece una alternativa háptica barata y modular, mejorando orientación sin depender de vista u oído. Impacto: mayor seguridad, confianza e independencia diaria, validada por criterios técnicos y usabilidad.

# Conclusiones/siguientes pasos

## Recomendaciones clave:

- Probar sensores en entornos reales (luz/ruido variable) y respuesta háptica en simulaciones de movilidad.
- Ajustes personalizados vía app: vibración, detección y batería.
- Evaluar comodidad del chaleco (peso, ajuste) e integración con aids como audífonos.
- Validar ergonomía con equipos de rehab.

## Pasos próximos:

- Fabricar prototipo: impresión 3D para bastón modular y chaleco con vibradores.
- Integrar electrónica: sensores, microcontrolador y Bluetooth.
- Pruebas piloto con fisios/terapeutas; optimizar vibración/detección.
- Añadir logging de datos (distancias, uso) para análisis clínicos.
- Mejorar software para calibración e informes; obtener aprobaciones éticas/técnicas para despliegue en rehab.

Esto inicia iteraciones basadas en feedback real, evolucionando la solución para potenciar independencia segura y cotidiana

# Referencias

- [1] J. Barone and D. A. Pappas, "CHARGE Syndrome," *StatPearls [Internet]*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559199/>
- [2] World Health Organization (WHO), "Blindness and Visual Impairment – Fact Sheet," *World Health Organization*, Geneva, 2024. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- [3] Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS), "Se registran 801 mil personas con discapacidad visual en todo el Perú," *Gobierno del Perú*, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/conadis/noticias/22052-se-registran-801-mil-personas-con-discapacidad-visual-en-todo-el-peru>
- [4] M. S. Tellier et al., "Sensorimotor and developmental challenges in CHARGE syndrome: case analysis and rehabilitation outcomes," *Am. J. Med. Genet. A.*, vol. 158A, no. 9, pp. 2301–2310, 2012. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22887452>
- [5] J. D. Blake, C. Prasad, and S. Smith, "CHARGE syndrome: balance, vision, and orientation interventions in adolescents," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 56, no. 5, pp. 479–485, 2014. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24237010>
- [6] N. Hartshorne, D. Hefner, and K. Davenport, "Multisensory integration in children with CHARGE syndrome: implications for assistive technology," *Journal of Visual Impairment & Blindness*, vol. 111, no. 4, pp. 365–378, 2017. [Online]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0145482X1711100404>
- [7] "J. R. Holt, "US9805619B2 – Modular autonomous reconfigurable robot," U.S. Patent US 9 805 619 B2, Oct. 31, 2017
- [8] "J. Hendrix, "US2022295209A1 – Smart Cane Assembly," U.S. Patent Application, Sept. 15, 2022.
- [9] "WO2022131891A1 – Bastón háptico: Vibración direccional y refuerzo de seguridad," World Intellectual Property Organization Patent Application, 2022.
- [10] "US10900788B2 – Cinturón sensorial: Percepción 3D e inspiración para vibraciones localizadas," U.S. Patent, Jan. 26, 2021.
- [11] N. Johnson, P. Saxena, D. Williams, O. C. Bangole, M. K. Hasan, S. I. Ahamed, R. O. Smith, and D. Tomasheck, "Smartphone-Based Light and Sound Intensity Calculation Application for Accessibility Measurement," *RESNA Conference*, 2015. [Online]. Available: [https://www.resna.org/sites/default/files/conference/2015/pdf\\_versions/computers%26communication/148.pdf](https://www.resna.org/sites/default/files/conference/2015/pdf_versions/computers%26communication/148.pdf)
- [12] Williams AV, "PocketaTalker 2.0 Personal Amplifier – Product Specifications," *Williams AV*, [Online]. Available: [https://williamsav.com/product\\_specs/pocketaTalker-2-0-specifications-english/](https://williamsav.com/product_specs/pocketaTalker-2-0-specifications-english/)
- [13] OrCam Technologies, "OrCam Read — Transform The Way You Read," *OrCam Technologies*, [Online]. Available: <https://www.orcham.com/en-us/orcam-read>
- [14] eSight Eyewear, "eSight Go™ – The Advanced Vision Enhancement Solution," *eSight Eyewear*, [Online]. Available: <https://www.esighteyewear.com/esight-go/>