



Motio

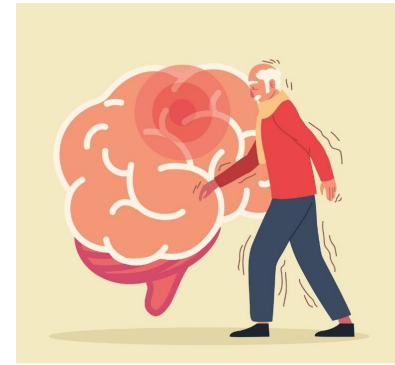
Integrantes:

- Fabio García
- Juan Carlos Lugo
- Ignacio Pérez
- Jean Neira
- Lorena Mendez
- Nathalie Huiza



Análisis del Caso

Presentación de la patología:



La enfermedad del Parkinson es un trastorno neurodegenerativo crónico que afecta a los ganglios basales



Se debe a la pérdida de neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra.



Provoca bradicinesia, rigidez, temblores y alteraciones en la marcha.

Análisis del Caso

Necesidades Funcionales del caso

Dificultad para iniciar y mantener la marcha por episodios de freezing of gait (FOG).

Rigidez muscular y bradicinesia que limitan la movilidad.

Alteraciones del equilibrio y alto riesgo de caídas.

Conserva funciones cognitivas adecuadas, lo que permite el uso de ayudas tecnológicas.

Necesita estimulación sensorial externa (vibratoria o visual) para recuperar el movimiento.

Análisis del Caso

Necesidad funcional e impacto en la vida del usuario

Necesidad de mantener una marcha fluida y segura, reduciendo episodios de freezing of gait (FOG).

El bloqueo al caminar limita actividades básicas como desplazarse, asearse o salir de casa.

Enfocarnos en esto ayuda a reducir el riesgo de caídas, la dependencia de terceros y el aislamiento social, además de mejorar su autonomía, confianza al moverse y calidad de vida diaria.

Estado del Arte

Patente	Tipo de dispositivo	Funcionamiento principal	Tipo de estimulación	Innovación funcional	Relación con la necesidad
WO2020261225A1(<i>Charco Neurotech Ltd, 2020</i>)	Dispositivo ponible vibrotáctil colocado en el pecho.	Emite vibraciones rítmicas focalizadas que sirven como estímulo externo o “cueing” para facilitar el inicio y la continuidad de la marcha.	Táctil (vibratoria).	Cueing pasivo y discreto , no requiere atención consciente del usuario.	Mejora la fluidez motora y reduce episodios de <i>freezing</i> mientras el paciente realiza actividades cotidianas.
NL2031061(<i>Cue2Walk International B.V., 2023</i>)	Dispositivo con sensores inerciales y unidad de control inteligente .	Detecta irregularidades en la marcha mediante múltiples algoritmos y activa el estímulo solo cuando hay coincidencia entre ellos.	Variable (visual, auditivo o táctil).	Alta precisión algorítmica ; reduce falsas alarmas y adapta la respuesta al paciente.	Detecta y corrige bloqueos de marcha de manera más eficiente, ayudando a mantener un ritmo estable.
US10251611B2(<i>Medtronic Inc., 2019</i>)	Sistema portátil con sensores de movimiento y proyector visual .	Detecta <i>freezing</i> en tiempo real y proyecta una línea láser en el suelo como guía visual para reiniciar el paso.	Visual.	Activación automática del estímulo visual mediante sensores; mejora la respuesta inmediata del paciente.	Proporciona una referencia visual clara que permite al paciente recuperar el control motor y reducir caídas.



Figura 1. Wearable device.

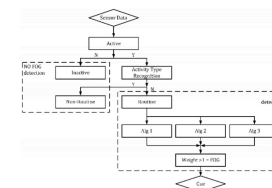


Figura 2. Sensor Cue2Walk.

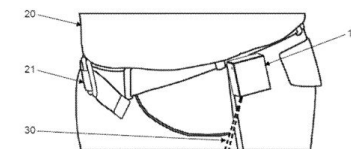


Figura 3. Colocación de sensores y fuente de luz en un dispositivo portátil para detección de irregularidades de la marcha en pacientes con Parkinson

Tabla 1. Patentes no invasivas para mejorar la marcha en Parkinson [1] [2] [3].

Estado del Arte

1. Walkasins (RxFunction) — prótesis sensorial / wearable para apoyo de balance

Número de patente: US20240082004A1

Características funcionales: Detección de FoG,

Configuración de intensidad y frecuencia, Monitoreo continuo de la marcha, registro de datos clínicos, seguridad y ergonomía.

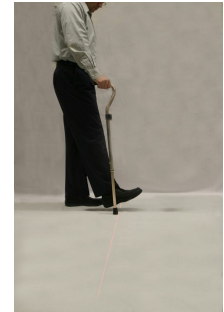


2. U-Step / LaserCane (In-Step Mobility) — bastón/andador con ayuda visual (láser)

Número de patente: US9155675B2

Características funcionales: Láser integrado, Soporte y estabilidad,

Ajustable y ergonómico, Fácil de usar, Portátil y ligero.



Metodología VDI

1. Propuesta a desarrollar:
 - Nuestra propuesta consiste en un sistema wearable compuesto por una plantilla inteligente con sensores de presión(FSR). que se encarga de detectar patrones de movimiento anormales como el *freezing of gait* en pacientes que padecen Parkinson, y un cinturón diseñado para emitir estímulos vibrotáctiles en tiempo real con el objetivo de mitigar los ya mencionados, episodios de *freezing of gait* -

Metodología VDI

2. Lista de Requerimientos

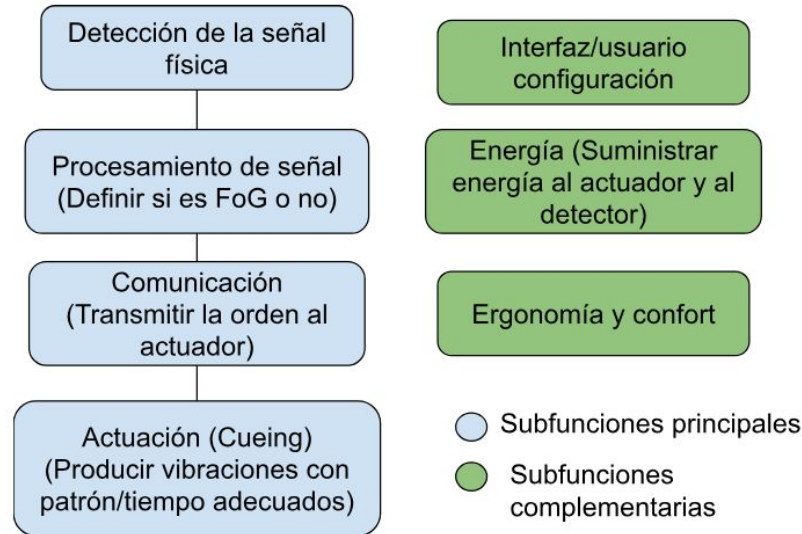
Categoría principal	Subcategoría	Must Have	Should Have
Función	Funciones principales y subordinadas	Detección del freezing mediante sensores de presión plantar. Activación automática del sistema vibratorio al detectar freezing.	Registro del historial de episodios de freezing y duración.
	Flujos de energía	Batería recargable integrada (en plantilla y faja).	Sistema de gestión inteligente de energía con modo ahorro.
	Flujos de material	Material flexible, resistente y cómodo para uso prolongado.	Materiales biocompatibles y lavables.
	Flujos de información	Comunicación inalámbrica (BLE) entre plantilla y faja vibratoria.	Envío de datos a una app móvil o PC para monitoreo médico.
	Definición de interfaces	Conexión clara entre sensores → microcontrolador → motor vibrador.	Interfaz de usuario (app o software) para calibración personalizada.
	Geometría	Plantilla adaptable a calzado estándar y faja ajustable al abdomen.	Diseño modular y personalizable según talla.
Diseño / Estructura	Mecánica	Integración firme de sensores sin comprometer la comodidad.	Capa ergonómica o amortiguación adicional.
	Eléctrica / Electrónica	Microcontrolador con ADC y BLE. Conexión estable entre módulos.	Carga inalámbrica o conector magnético.
	Software	Algoritmo en tiempo real para detección de freezing.	Actualizaciones OTA y app con visualización de datos.
	Seguridad	Aislamiento eléctrico, límites seguros de vibración y materiales no conductivos.	Alertas de batería baja o fallas del sistema.
	Regulación	Cumplimiento de normas básicas de bioseguridad.	Preparación para certificaciones médicas (ISO, CE).
	Ergonomía	Plantilla delgada y flexible, faja ligera y cómoda.	Ajuste del nivel de vibración según preferencia del usuario.
	Diseño industrial	Estética discreta y portable.	Colores y texturas personalizables.

Categoría principal	Subcategoría	Must Have	Should Have
Realización / Producción	Compra	Componentes electrónicos comerciales disponibles.	Componentes modulares para fácil reemplazo.
	Fabricación	Ensamblaje básico de sensores, PCB y carcasa.	Producción en serie mediante moldeado.
	Control de calidad	Prueba funcional de sensores, vibrador y batería.	Calibración automatizada previa a entrega.
	Ensamblaje	Ensamblaje manual de prototipo funcional.	Ensamblaje semi-automatizado en etapas posteriores.
	Despliegue de software	Firmware estable en el microcontrolador.	Actualización de firmware mediante app móvil.
	Mantenimiento	Batería recargable y reemplazable.	Detección automática de fallos en sensores.
Uso	Uso	Activación automática del sistema vibratorio al detectar freezing.	Modos configurables: entrenamiento, continuo o médico.
	Reciclaje	Componentes electrónicos recuperables.	Sistema de reuso o reciclaje de plantillas.
Organización	Transporte	Diseño ligero y portátil (≤300 g).	Estuche de transporte con carga integrada.
	Planificación	Prototipo funcional y pruebas piloto con usuarios.	Plan de escalamiento hacia validación clínica.
	Sostenibilidad	Uso eficiente de energía y materiales reciclables.	Fabricación ecológica o bajo impacto ambiental.
	Aceptación social	Diseño discreto que no estigmatice al usuario.	Personalización estética o de color.
	Mercado	Enfocado en pacientes con Parkinson y FoG.	Extensión a rehabilitación motora y otras patologías.

Metodología VDI

Función global: Detectar episodios de *freezing on Gait* y generar estímulos vibrotáctiles (cueing) para ayudar a la reanudación de la marcha.

Esquema de subfunciones:



Metodología VDI

Matriz morfológica

Subfunción	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Detección	EMG superficial	IMU (acc + gyro)	Sensores de presión en la plantilla	Acelerómetro de 3 ejes
Procesamiento	Arduino/ESP32	MCU con ML embebido (TFLite)	Smartphone (App)	MCU low-power (Cortex-M) + umbral
Comunicación	Módulos bluetooth	RF low-latency (2.4 GHz)	Cableado	Bluetooth estándar
Actuación	Varios vibrator coins distribuidos	LRA (linear resonant actuator)	Parche háptico	Coin vibrator
Ubicación	Cinturón/cintura	Tobillo	Esternón/pecho	Muñeca/pulsera
Alimentación	Energía asistida (USB)	Coin cell reemplazable	Batería central (Cableado)	Batería Li-ion recargable
Interfaz	App + vibración programable	Botón + LED local	App + botón	App smartphone + ajustes

Posibles combinaciones

Elemento	Concepto A(EMG + ML embebido, pulsera LRA)	Concepto B(Presión + Arduino, cinturón)	Concepto C(IMU + ML embebido, tobillo)	Concepto D(Acelerómetro + Arduino, esternón)	Concepto E(EMG + presión + Arduino/ESP32, multi-modular)
Detección	EMG superficial	Sensores de presión en plantilla	IMU (acelerómetro + giroscopio)	Acelerómetro 3 ejes	EMG superficial + sensores de presión
Procesamiento	MCU con ML embebido (TensorFlow Lite)	Arduino / ESP32	MCU con ML embebido (TensorFlow Lite)	Arduino / ESP32	Arduino / ESP32 con ML ligero o algoritmo simple
Comunicación	BLE estándar	Módulo BLE Arduino / ESP32	BLE estándar	Módulo BLE Arduino / ESP32	Módulo BLE Arduino / ESP32
Actuación	LRA (Linear Resonant Actuator)	Coin vibrators (array)	Coin vibrator	Parche háptico (array)	Múltiples coin vibrators (muñeca + tobillo)
Ubicación	Muñeca	Cinturón	Tobillo	Esternón	Muñeca + tobillo
Alimentación	Batería Li-ion recargable	Batería LiPo 3.7 V (500–1000 mAh)	Batería Li-ion recargable	Batería Li-ion recargable	Baterías Li-ion recargables (una por módulo)
Interfaz	App + ajustes	Botón + LED	App	App + botón	App + LED

Tabla de evaluación

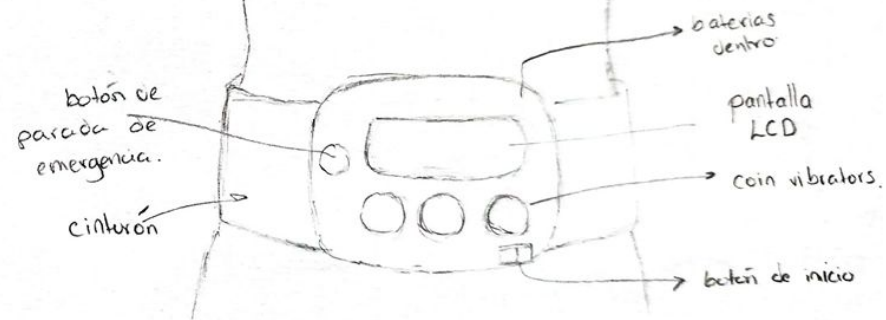
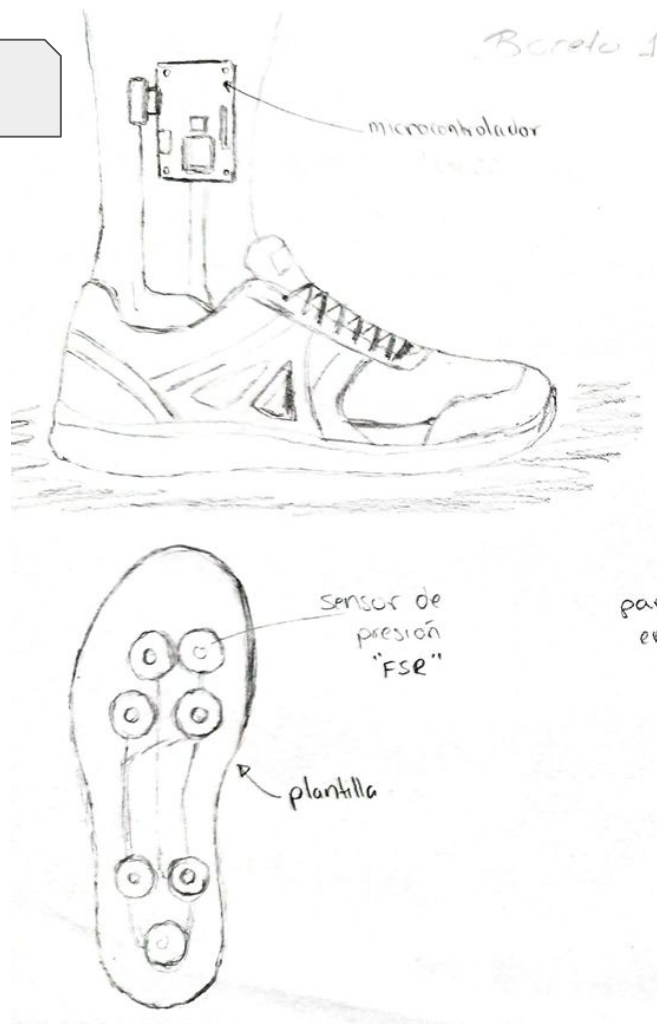
Concepto	Eficacia	Latencia	Consumo	Portabilidad	Costo	Uso	Confort	Total
A	3	3	1	3	1	3	3	17
B	3	3	3	2	3	3	3	20
C	3	3	2	2	2	2	2	16
D	2	3	2	2	2	2	1	14
E	4	2	1	1	1	2	2	13

A partir de la tabla de evaluación podemos observar que el concepto ganador resulta ser el B, por lo que trabajaremos con este concepto en adelante

Metodología VDI

Se presentará 2 bocetos desarrollados basados en el concepto de solución encontrado.

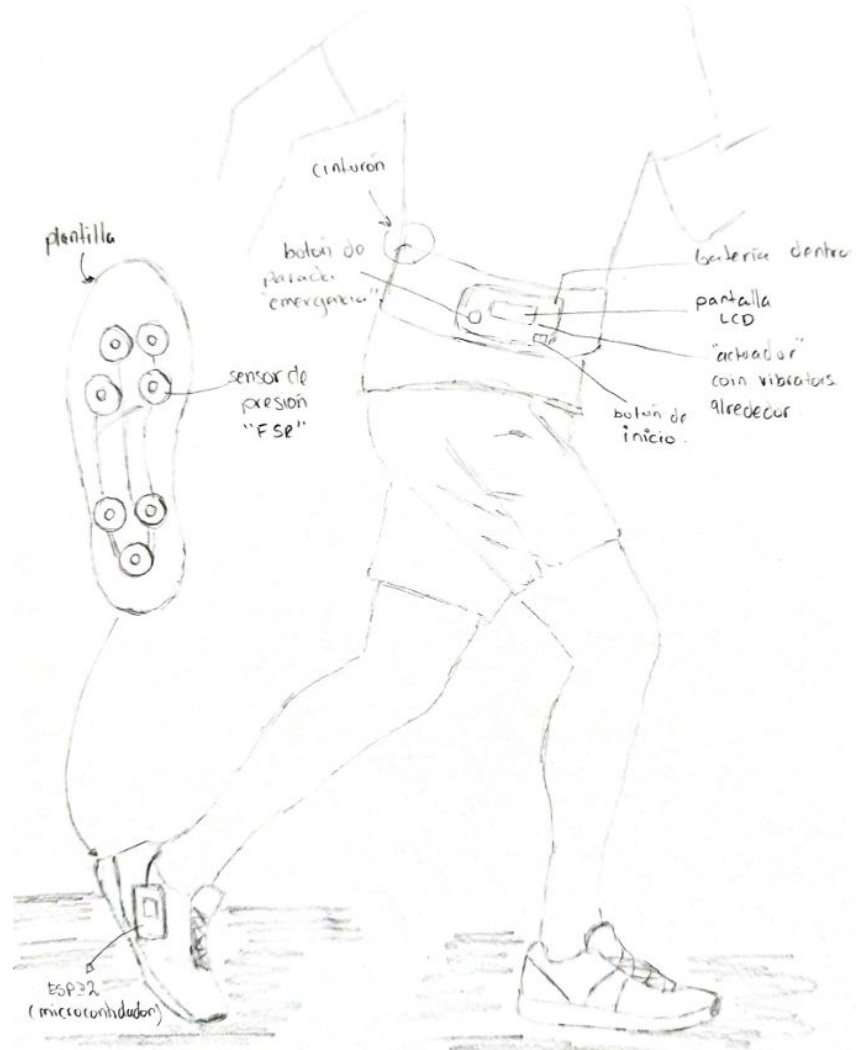
Boceto n°1



Lista de despiece/ Boceto n°1

Parte	Pieza	Material	Breve descripción
Detector	ESP32	-	*Sistema encargado de la detección del FoG ubicado en el pie y de mandar una señal vía bluetooth al actuador al detectar estos episodios.
	FSR	-	
	Plantilla	TPU/ biopolímero	
	Recubrimiento circuito	Látex/biopolímero/PLA	
Actuador	Pantalla LDC	-	*Sistema encargado de brindar el cueing vibrotáctil al paciente al recibir una señal del detector, el cual tiene su propia interfaz de configuración de parámetros del cueing: intensidad/frecuencia.
	Cinturón	Tela neopreno/ flexible	
	<u>Coin vibrator</u>	-	
	Batería	-	
	ESP32	-	
	Caja que almacena componentes	PLA	
	Botones de inicio/parada	-	

Boceto n°2



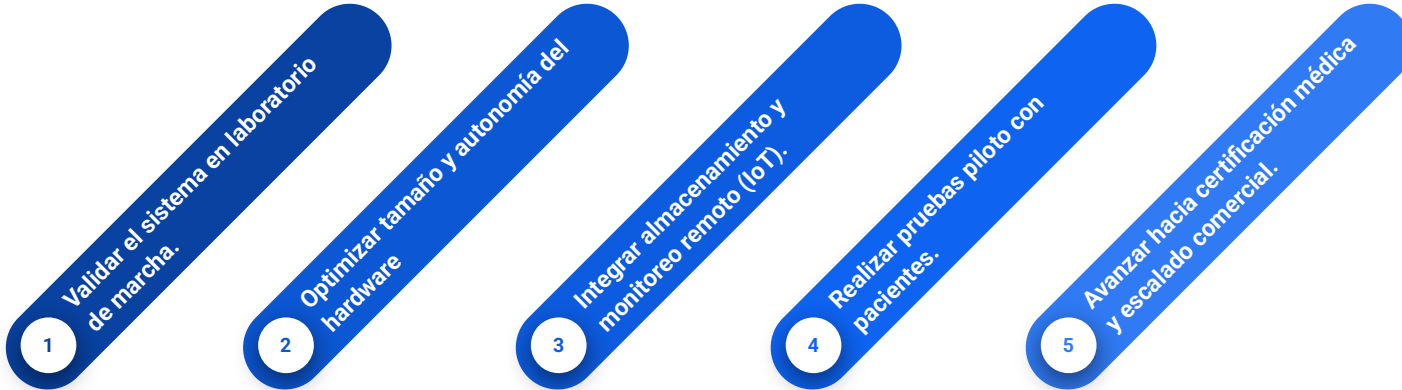
Lista de despiece/ Boceto n° 2

Parte	Pieza	Material	Breve descripción
Detector	ESP32	-	*Sistema encargado de la detección del FoG ubicado en el pie y de mandar una señal vía bluetooth al actuador al detectar estos episodios.
	FSR	-	
	Plantilla	TPU/ biopolímero	
	Recubrimiento circuito	Látex/biopolímero/PLA	
Actuador	Pantalla LDC	-	*Sistema encargado de brindar el cueing vibrotáctil al paciente al recibir una señal del detector, el cual tiene su propia interfaz de configuración de parámetros del cueing: intensidad/frecuencia.
	Cinturón	Tela neopreno/ flexible	
	Coin vibrator	-	
	Batería	-	
	ESP32	-	
	Caja que guarda componentes	PLA	
	Botones de inicio/parada	-	

Conclusiones/siguientes pasos

Conclusiones:

- El prototipo aborda el *freezing of gait* con **cueing vibrotáctil no invasivo**, mejorando la autonomía del paciente.
- Los **sensores de presión (FSR)** y el **procesamiento con ESP32 BLE** permiten detección automática y adaptativa.
- Se prioriza **bajo costo, portabilidad y confort**, cumpliendo los objetivos técnicos del proyecto.
- El **índice de anomalía relativa (IAR)** ofrece una detección precisa y personalizable.



Referencias

- [1] Charco Neurotech Ltd., *Wearable device*, WO2020261225A1, World Intellectual Property Organization, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2020261225A1>
- [2] Cue2Walk International B.V., *Multiple algorithms for controlling a cueing device*, NL2031061, Netherlands Patent Office, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=NL2031061>
- [3] Medtronic Inc., *Freezing of gait cue apparatus*, US10251611B2, United States Patent and Trademark Office, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US10251611B2/en>
- [4] RxFunction, Inc., "Clinical Research – Healthcare Professionals," [En línea]. Disponible en: <https://rxfunction.com/healthcare-professionals/clinical-research/>.
- [5] UStep, "LaserCane," [En línea]. Disponible en: <https://www.ustep.com/product/lasercane/>.