

INGENIERÍA BIOMÉDICA

Facultad: Ciencias e Ingeniería
Curso: Fundamentos de Biodiseño

ENTREGABLE 6

Metodología VDI - Parte 1

Integrantes:

Raí Walter Apesteguía
Anjali Ximena Calero
Santa Cruz
Amira Aguilar Cahuana
Indira Lucel Burga Ríos
Rodrigo Benites Navarro
Maria Fernandes Cáceres
Inga

23/09/2025

Lima

Checkpoint 1 – Business Case (¿Por qué hacemos este proyecto?)

1. Situación inicial

- ¿Cuál es el problema, necesidad o contexto que motiva el desarrollo?

La problemática refiere a la falta de orientación espacial, en pacientes con trastornos visuales y cognitivos, lo cual limita su autonomía y seguridad al desplazarse en distintos entornos. Su necesidad principal es recuperar independencia para moverse reduciendo el apoyo de terceros y mejorando su calidad de vida.

2. Objetivos estratégicos

- ¿Qué metas técnicas, económicas y organizativas debe cumplir el proyecto?

Metas Técnicas:

- Desarrollar un bastón inteligente que sea capaz de registrar y reproducir rutas e interiores mediante el uso de sensores inerciales.
- Implementar un sistema de guiado háptico, intuitivo y seguro para personas con trastornos visuales y cognitivos
- Garantizar la precisión en la detección de pasos y giros, para reducir los errores de orientación en los espacios reducidos.
- Diseñar un prototipo fácil de usar, portable, económico, ergonómico y con autonomía energética de larga duración.

Metas económicas:

- Mantener el costo de materiales y fabricación en un rango accesible.
- Minimizar gastos de mantenimiento y facilitar la sustitución de componentes electrónicos.
- Favorecer la relación costo- beneficio frente a tecnologías ya existentes más complejas.

Metas Organizativas:

- Facilitar la independencia y movilidad de personas con dificultades de orientación espacial.
- Complementar las tareas de los cuidadores en el hogar, reduciendo la carga de asistencia constante.
- Promover la inclusión social con un dispositivo accesible y fácil de usar
- Coordinar el trabajo en equipo.....

3. Valor añadido

- ¿Qué beneficio aporta el sistema (para el usuario, para la empresa, para la sociedad)?
 - El bastón inteligente aporta múltiples beneficios, ya que para el usuario representa una mejora significativa en su autonomía, seguridad y confianza al desplazarse gracias a la detección temprana de obstáculos y las alertas hápticas y auditivas que reducen el riesgo de accidentes. Para la empresa o los desarrolladores, constituye una oportunidad de innovar en el mercado de dispositivos de asistencia, diferenciándose de los bastones convencionales e impulsando proyectos con impacto social y potencial de financiamiento. Finalmente, para la sociedad en general, el sistema contribuye a la inclusión de personas con discapacidad visual, favoreciendo su independencia y participación activa en diversos entornos, al mismo tiempo que promueve una cultura más sensible y comprometida con la accesibilidad.

4. Stakeholders

- ¿Quiénes son los usuarios, clientes y partes interesadas clave?

Con nuestro proyecto buscamos el beneficio directo de pacientes con dificultades de orientación en ambientes conocidos, como su propia casa, como consecuencia de trastornos visuales y cognitivos. Nuestros prototipos podrían resultar de gran interés en los consumidores finales (ya mencionados), clínicas y centros de rehabilitación, organizaciones sin fines de lucro y empresas dedicadas a la distribución de equipos de rehabilitación.

5. Competencias y equipo

- ¿Se cuenta con el conocimiento, habilidades y recursos adecuados?

El conocimiento por ahora muestra limitaciones, en lo que refiere a saber programar los sensores con exactitud para lograr lo propuesto, sin embargo se tiene el conocimiento de cuáles son los que se necesitan para lograr el proyecto. Por otro lado se cuenta con habilidades como la creatividad, organización, dedicación, interés, entre otros que son fundamentales para desarrollar el proyecto a pesar de los problemas que puedan haber en el proceso. Por el momento los recursos adecuados principales son económicos para poder comprar los sensores que se necesitan y otros componentes, además para programar se necesitan laptops que sí tenemos y otros recursos con los cuales ya contamos.

6. Planificación inicial

- ¿Cuál es el cronograma preliminar, presupuesto y posibles riesgos?

Cronograma preliminar:

Etapa	Plan
Etapa 1 (Ya realizado)	Revisión del caso
Etapa 2 (Ya realizado)	Definir problema
Etapa 3 (Ya realizado)	Revisión de estado del arte
Etapa 4 (Ya realizado)	Definir Solución + Valor añadido
Etapa 5 (Aquí nos encontramos)	Evaluar la solución (Requerimientos, definir funcionamiento, ensamblado, componentes, beneficios directos e indirectos, etc..)
Etapa 6	Realizar las compras y recolección de información de importancia para el desarrollo del proyecto: <ul style="list-style-type: none"> - Lugares de casa más concurridos - La geometría de su hogar - Qué tantos obstáculos tiene para llegar a ciertos lugares - Realizar el trazado de ruta - Atender a alguna sugerencia del paciente
Etapa 7	Construcción del prototipo y desarrollo de software
Etapa 8	Pruebas + Validación

Etapa 9	Redacción de informe
---------	----------------------

Presupuesto:

Componentes	Cantidad / Precio (c/u)	Link de compra
ESP32 (Controlador con Bluetooth)	1/ S/38.00	https://www.electromania.pe/producto/esp32-devkit-v1-30p/
Sensor de distancia: Ultrasonido	1/S/8.00	https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html
2 micro-motores de vibración	2/S/5.00	https://mtlab.pe/producto/micro-motor-de-vibracion-plan-o-para-telefonos-moviles-dc-3v-0834/?srsltid=AfmBOoo2hTEozkahcSon-VJVz3BylZB5i7AqQQFTYHeflQigdhqUlQVL
Bateria 18650, módulo de carga y switch	Módulo de carga: 1/S/8.00	Modulo de carga: https://naylampmechatronics.com/baterias/194-modulo-hw-168-cargador-de-bateria-litio-tp4056-micro-usb.html
Cables, portapilas, cintas doble cara	---	—
IMU (Acelerómetro + giroscopio)	1/S/14.00	https://www.electromania.pe/producto/modulo-mpu6050/

DFP player	1/S/15.00	https://intecx.com.pe/product/modulo-dfplayer-mini-reproductor-de-mp3/
------------	-----------	---

Software y Hardware
<ol style="list-style-type: none"> 1. Laptop 2. Fusion 360 / Onshape 3. Impresoras 3D 4. Software de Impresión 3D 5. Cortadora Laser 6. Software de programación

Posibles riesgos:
<ul style="list-style-type: none"> - Técnicos: fallas en sensores, baja precisión en mediciones o limitación en software. - Económicos: Algún componente agotado que provoque la inflación de su precio.

Lista de requerimientos:

Función:

Campo	Característica subordinada	Explicación práctica	Funcional y/o no Funcional
Funciones principales y subordinadas	Detección de obstáculos mediante sensor ultrasónico; Retroalimentación háptica con micromotores de vibración; Señal auditiva con DFP Player	El bastón deberá detectar obstáculos en un rango de 0.2 a 3 m y alertar al usuario mediante vibraciones generadas por los micromotores y una señal auditiva emitida por el DFP Player, diferenciando	Funcional, describe lo que el bastón debe hacer directamente (percibir el entorno y comunicarlo al usuario)

		distancias cercanas (<0.5 m) y medias (0.5-3 m).	(must have)
Flujos de energía	Alimentación por batería recargable y módulo de carga; Distribución de energía hacia sensores, actuadores y controlador	La batería recargable deberá alimentar de forma continua al sensor ultrasónico, el IMU, los micromotores de vibración, el DFP Player y el controlador Bluetooth por al menos 12 horas de uso.	No funcional, ya que no añade una acción nueva al bastón, sino que define condiciones de su desempeño energético. (must have)
Flujos de material	Peso del bastón y ergonomía del diseño; Integración de módulos electrónicos en la estructura física	El bastón deberá tener un peso total \leq 850 g, incluyendo batería, sensor ultrasónico, IMU, micromotores, controlador Bluetooth y DFP Player, y deberá contar con un mango ergonómico para uso prolongado.	No funcional porque establece restricciones físicas y de diseño (peso y ergonomía) que no son funciones como tal, pero condicionan la usabilidad. (should have)
Flujos de información	Adquisición de datos (ultrasonido e IMU); Procesamiento en microcontrolador; Activación de motores de vibración y señales auditivas	El controlador deberá procesar la señal del sensor ultrasónico y del IMU, activando los micromotores de vibración y el DFP Player en ≤ 100 ms tras la detección del obstáculo.	Funcional, define cómo el sistema transforma información en una respuesta concreta hacia el usuario. (must have)
Definición de interfaces	Interconexión entre módulos electrónicos (sensor, IMU, micromotores, DFP Player, controlador); Compatibilidad eléctrica y de señal	El bastón deberá integrar correctamente el sensor ultrasónico, el IMU, los micromotores de vibración, el DFP Player y el controlador, asegurando comunicación	Funcional, describe la interacción entre los módulos que permite cumplir la función principal. (Should have)

		estable entre ellos.	
--	--	----------------------	--

Diseño/Estructura:

Campo	Característica subordinada	Explicación práctica	Funcional y/o no Funcional
Geometría	Dimensiones; Requisitos de espacio; Número de unidades/módulos; Forma; Posicionamiento	Requisitos de tamaño, forma y ubicación del sistema o de sus módulos.	No funcional (define características físicas y de diseño, no la función principal) (Nice to have)
Mecánica	Integración en la máquina; Aislamiento frente a vibraciones; Movimiento; Velocidad/aceleración; Rigidez; Deformación; Tolerancias; Amortiguamiento; Resonancias; Estrés térmico; Calor por fricción	Estabilidad mecánica, precisión de movimiento y resistencia estructural.	No funcional (calidad estructural, no una función directa) (Must have)
Eléctrica	Tensión nominal; Corriente nominal; Potencia y conexiones; Compatibilidad con E-STOP; Apagado independiente de ejes; Interfaces internas/externas; Conformidad con estándares	Condiciones de alimentación, integración y seguridad eléctrica/electrónica.	No funcional (infraestructura técnica para funcionar) (Must have)
Software	Arquitectura HW/SW; Multiprocesador; Entorno de desarrollo; Lenguajes;	Decisiones de software, modularidad y	Funcional (son las funciones principales que

	Versionado; Actualizaciones; Modos de operación; Pruebas sin HW; Gemelo digital	aseguramiento de calidad en simulación y pruebas.	ejecuta el sistema) (Must have)
Seguridad	Seguridad funcional; Integración en parada de emergencia; Redundancia; Mecanismos fail-safe; Pruebas de seguridad	Que el sistema sea confiable y seguro en operación.	No funcional (confiabilidad, no es una función en sí) (Should have)
Regulación	Cumplimiento normativo; Certificación de componentes; Disponibilidad a largo plazo; Actualizaciones remotas o locales	Asegurar conformidad normativa y sostenibilidad en el ciclo de vida.	No funcional (Nice to have)
Ergonomía	HMI; Claridad; Iluminación; Fuerzas de operación; Dimensiones antropométricas; Accesibilidad	Que el sistema sea fácil y seguro de usar para distintos usuarios.	No funcional (relacionado con comodidad y usabilidad) (Nice to have)
Diseño industrial	Codificación táctil; Háptica; Funciones estéticas; Funciones simbólicas; Reconocimiento de producto; Coloración; Orientación a segmentos	Factores de aceptación social, identidad de producto y atractivo visual.	No funcional (Nice to have)

Realización/Producción:

Campo	Característica subordinada	Explicación práctica	Funcional y/o no funcional
Compra	Disponibilidad de componentes; Garantía de disponibilidad; Costos de adquisición; Certificación de proveedores; Logística	Adquisición de piezas y aseguramiento de suministro.	No funcional (Must have)

Fabricación	Procesos de fabricación; Tiempo de ciclo; Costos de producción; Nivel de automatización; Capacidad de producción; Recursos e infraestructura	Cómo se fabrica el sistema, tiempos y costos.	No funcional (Nice to have)
Despliegue de software	Entorno de despliegue; Instalación local/remota; Actualizaciones automáticas/manuales; Compatibilidad; Pruebas de integración	Cómo se entrega, instala y actualiza el software.	Funcional (Must have)
Mantenimiento	Acceso a componentes; Sustitución de piezas; Limpieza; Costos de mantenimiento; Documentación	Cómo mantener el sistema funcional a lo largo del tiempo.	Funcional y no funcional, debido a que la falta de mantenimiento y repuestos puede mermar la funcionalidad del dispositivo (Must have) pero un poco (Nice to have) quizás al ser un prototipo este campo esté muy limitado

Uso:

CAMPO (B)	Característica	Requisito	Tipo (Funcional o no funcional)	Prioridad
Uso	Facilidad de uso; Curva de aprendizaje; Experiencia de usuario; Interfaz hombre-máquina (HMI); Condiciones de operación; Seguridad del	El dispositivo debe incluir un sistema de apagado automático en caso de fallo del sensor para evitar falsas señales	Funcional	Should Have (Importantes)

	usuario; Fiabilidad/durabilidad			
Reciclaje	Reciclabilidad de materiales; Reutilización; Procesos de disposición final; Impacto ambiental	El diseño del dispositivo debe permitir su reemplazo independiente de batería y sensores sin necesidad de desecharlo completamente	No funcional	Should Have (Importantes)
Transporte	Portabilidad; Movilidad; Resistencia al transporte; Peso y dimensiones; Embalaje	El dispositivo debe soportar caídas desde 1 m de altura sin comprometer el funcionamiento de los sensores.	No funcional	Must have (Indispensable)
Seguridad de uso	Protección contra fallos; Tolerancia a errores del usuario; Alarmas de advertencia; Reducción de riesgos	El dispositivo debe activar una alerta vibratoria y sonora si detecta un obstáculo y el usuario no responde en 3 segundos	Funcional	Must Have (Indispensable)
Mantenibilidad de uso	Facilidad de limpieza; Sustitución de piezas; Mantenimiento cotidiano	El diseño debe permitir retirar y reemplazar la batería sin herramientas especializadas.	No funcional	Should Have (Importantes)

Organización:

Campo	Características Subordinadas	Explicación Práctica	Requisito Funcional y/o No Funcional	Clasificación
	Costos de ciclo de vida; Disponibilidad	El dispositivo debe poder indicar rutas al usuario dentro de su	Funcional: Registrar y reproducir	Funcional: Must Have No funcional:

Planificación	a largo plazo; Estrategia de actualización, Capacitación y roles	casa. Debe ser accesible y ser capaz de actualizarse con nuevas rutas sin tener que rehacer el hardware	rutas establecidas dentro de casa. No Funcional: Que sea de larga duración	Should have
Sostenibilidad	Consumo energético; Huella de carbono; Reciclabilidad; Impacto ambiental	Se busca optimizar el flujo de energía y utilizar materiales que sean amigables con el ambiente.	Funcional: Aviso de batería baja para evitar que se apague de repente. No funcional: Que su carcasa este hecha de plásticos o materiales reciclables.	Funcional: Should Have No Funcional: Good to Have
Aceptación Social	Atractivo cultural y simbólico; Diseño percibido; Confianza del usuario; Riesgos éticos y regulatorios	El usuario debe sentir confianza y autonomía al usarlo. El uso del dispositivo debe ser percibido cómodo.	Funcional: Diferentes patrones de vibración según la dirección. No Funcional: Diseño ligero y ergonómico	Funcional: Must Have No Funcional: Should Have
Mercado	Viabilidad comercial; Segmentación de usuarios; Diferenciación frente a competidores; Estrategia de posicionamiento	El dispositivo debe ser asequible y diferenciarse de las demás tecnologías por su facilidad de uso y su personalización.	Funcional: Compatibilidad con IMU con el magnetómetro de bajo costo y de fácil adquisición. No Funcional: Personalización estética: Color y acabado del bastón, cambiar la intensidad de vibraciones o estímulos.	Funcional: Must Have No Funcional: Good to Have

