

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE HABITAT, INFRAESTRUCTURA Y CREATIVIDAD
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN



TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA: PROPUESTA DE UN MARCO DE TRABAJO PARA EL
DESARROLLO DE INTERFACES EN DISPOSITIVOS WEARABLES

AUTOR

MARIO ANDRÉS VACA MORA

QUITO DM, JULIO DE 2025

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	2
INDICE DE ILUSTRACIONES	5
INDICE DE TABLAS	6
1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	7
1.1 Tema	7
1.2 Justificación	7
1.3 Planteamiento del Problema	8
1.4 Objetivos.....	9
1.4.1 Objetivo General.....	9
1.4.2 Objetivos Específicos	9
1.5 Antecedentes.....	10
1.6 Alcance	11
1.7 Resumen	12
2. CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	12
2.1 Marco Teórico	13
2.1.1 Dispositivos Wearables	13
2.1.2 Metodologías para el Diseño de Interfaces.....	20
2.2 Marco Conceptual.....	27
2.2.1 Experiencia de Usuario (UX) en Wearables.....	27
2.2.2 Diseño Adaptativo vs. Diseño Responsivo	28

2.2.3	Interacción Humano-Computadora (HCI) en Wearables	30
2.2.4	Normativas y Estándares Internacionales.....	30
3.	CAPÍTULO 3: PROPUESTA DEL MARCO DE TRABAJO.....	34
3.1	Principios Fundamentales.....	34
3.1.1	¿Qué es un marco de trabajo en diseño de interfaces?	35
3.2	Elementos del Marco de Trabajo Propuesto.....	37
3.2.1	Identificación de requerimientos clave.....	38
3.2.2	Diseño adaptativo para wearables	38
3.2.3	Consideraciones de usabilidad y accesibilidad.....	39
3.3	Limitaciones y Ámbitos de Aplicación	41
3.3.1	Exclusión de sectores industriales y médicos.....	41
3.3.2	Enfoque en dispositivos de consumo general.....	42
3.4	Marco de Trabajo Propuesto.....	43
3.4.1	Fase 1: Exploración del Contexto y definición del problema	45
3.4.2	Fase 2: Identificación de requerimientos clave	46
3.4.3	Fase 3: Diseño adaptativo de la interfaz.....	47
3.4.4	Fase 4: Evaluación y validación iterativa con usuarios.....	49
3.4.5	Fase 5: Documentación de hallazgos y buenas prácticas	50
3.5	Elementos diferenciadores del marco de trabajo propuesto	57
4.	CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
4.1	Conclusiones.....	60
4.2	Recomendaciones	62
4.3	Proyecciones futuras.....	63

BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS DEL MARCO DE TRABAJO PROPUESTO	67
Anexo 1	67
Anexo 2	69
Anexo 3	70
Anexo 4	71
Anexo 5	72
Anexo 6	74
Anexo 7	76
Anexo 8	78
Anexo 9	79
Anexo 10	80

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Arquitectura funcional de un wearable moderno	20
Ilustración 2. Fases iterativas del marco de trabajo FLEXUX-W.....	44



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución tecnológica de los dispositivos wearables.....	17
Tabla 2. Cuadro comparativo de metodologías aplicadas	25
Tabla 3. Comparación entre Diseño Adaptativo y Diseño Responsivo	29
Tabla 4. Síntesis de normativas y estándares aplicados	32
Tabla 5. Lista de verificación de accesibilidad basada en WCAG 2.1.....	41
Tabla 6. Fase 1 – Exploración del Contexto y Definición del Problema	52
Tabla 7. Fase 2 – Identificación de Requerimientos Clave	53
Tabla 8. Fase 3 – Diseño Adaptativo de la Interfaz.....	54
Tabla 9. Fase 4 – Evaluación y Validación Iterativa.....	55
Tabla 10. Fase 5 – Documentación de Hallazgos y Buenas Prácticas	56
Tabla 11. Comparación del marco de trabajo FLEXUX-W con enfoques existentes.....	58

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Este capítulo aborda la problemática del diseño de interfaces para wearables, tecnologías portátiles con enfoques de desarrollo únicos basados en sus limitaciones físicas y de interacción. Se plantea la necesidad de una metodología centrada en el usuario para crear interfaces funcionales, accesibles y eficientes. La investigación se justifica por el crecimiento del mercado de wearables y se formulan preguntas clave. Los objetivos se centran en determinar los fundamentos clave del diseño, explorar las limitaciones técnicas y sugerir lineamientos adaptables. El alcance de la investigación se limita a dispositivos de consumo como los relojes inteligentes, a menos que se trate de mercados especializados.

1.1 Tema

Propuesta de un marco de trabajo para el desarrollo de interfaces en dispositivos wearables.

1.2 Justificación

El crecimiento tecnológico a lo largo de las últimas décadas ha fomentado una expansión considerable de dispositivos wearables, como relojes inteligentes, gafas de realidad aumentada y pulseras analizadoras de actividad física. Estos dispositivos presentan nuevas perspectivas de interacción en aplicaciones como la salud, el deporte y el mundo de la comunicación. Sin embargo, el desarrollo de interfaces específicas para esta categoría de dispositivos implica desafíos singulares debido a sus escasas capacidades de interacción y tamaños reducidos de pantalla.

Frente a esta necesidad, este trabajo plantea la propuesta de un marco de trabajo estructurado que facilite el diseño y desarrollo de interfaces adaptadas a las características técnicas de los dispositivos wearables. De esta manera, se busca potenciar la experiencia de usuario y fomentar una adopción más eficiente de estas tecnologías en diversos contextos.

1.3 Planteamiento del Problema

La rápida expansión de la tecnología wearable en el mercado ha resaltado la necesidad de interfaces específicamente adaptadas a las limitaciones inherentes de estos dispositivos- como pantallas de tamaño reducido y mecanismos de interacción alternativos.

Las técnicas de diseño tradicionales, las cuales están desarrolladas principalmente para dispositivos con pantallas más grandes suelen no ser adecuadas para este contexto. Como resultado, pueden ocasionar diseños ineficientes, no intuitivos y difíciles de usar por los usuarios.

En vista de estos desafíos, las siguientes preguntas son planteadas:

- ¿Qué elementos clave debe considerar un marco de trabajo para el diseño de interfaces en wearables?
- ¿Cómo los desafíos de interacción y tamaño de pantalla limitado pueden ser superados?

Este estudio busca las respuestas a estas preguntas propuestas, mediante la formulación de un marco de trabajo centrado en el desarrollo de interfaces para los dispositivos wearables el cual tendrá en cuenta las características de estos dispositivos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar un marco de trabajo específico que facilite el diseño y desarrollo de interfaces para dispositivos wearables, considerando sus características técnicas, limitaciones de interacción y dimensiones de pantalla, con el fin de mejorar la experiencia de usuario y la funcionalidad de dichos dispositivos en diversos contextos.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Identificar los elementos clave y principios fundamentales necesarios para el diseño de interfaces en dispositivos wearables.
2. Analizar las limitaciones técnicas y de interacción propias de los dispositivos wearables y su impacto en el diseño de interfaces.
3. Proponer un conjunto de lineamientos prácticos y procedimientos adaptados a las características de los wearables para guiar el desarrollo de interfaces eficientes.

1.5 Antecedentes

En la última década, la investigación en las interfaces de dispositivos wearable ha avanzado de manera considerable, siendo esto principalmente por el desarrollo del mercado de tecnología portable (Wearebles). Estos dispositivos han evolucionado desde aparatos básicos para hacer deporte a sistemas complejos capaces de procesar información en tiempo real, gracias a componentes especializados en la recolección y entrega de datos del entorno y del usuario.

El marco teórico nos indica que estos dispositivos presentan desafíos propios y únicos, en cuanto a usabilidad, interacción y accesibilidad, principalmente debido a sus limitaciones físicas, como el tamaño de pantalla y los métodos singulares de entrada. La literatura académica los sitúa en diferentes sectores, como: deportes, industria, educación; demandando cada uno de estos requerimientos específicos.

Abordando desde un punto de vista conceptual, la experiencia de usuario (UX) en dispositivos wearables requiere un acercamiento que integre aspectos como la usabilidad, accesibilidad y rendimiento eficiente al moverse, así como en condiciones variables de uso. Es ampliamente reconocido que el diseño adaptativo es preferible al diseño responsivo en estos contextos, ya que nos permite un control más preciso sobre interfaces optimizadas para pantallas tan pequeñas.

La interacción humano-computador (HCI) en el ámbito de dispositivos wearables ha evolucionado hacia alternativas como el control de gestos, comandos de voz y retroalimentación háptica. Estas nuevas formas de interacción requieren marcos actualizados capaces de soportar un diseño de interfaz natural y ubicuo. Pero, la literatura revela un dato de suma relevancia, no existe un marco específico no estandarizado para el desarrollo de interfaces en tecnologías wearables. Siendo esta ausencia lo que refuerza la necesidad de la propuesta de un marco de trabajo especializado.

1.6 Alcance

Este estudio se centra en el desarrollo de un marco de trabajo centrado en el desarrollo de interfaces para dispositivos wearables de ámbito comercial, tales como relojes inteligentes, gafas de realidad aumentada, y bandas de deporte.

Este marco de trabajo se centra puramente en el apartado teórico y se fundamenta en principios de diseño centrados en el usuario, así como en estándares internacionales de usabilidad y accesibilidad.

El alcance del trabajo no toma en cuenta el desarrollo ni implementación de prototipos funcionales, así como tampoco incluye el análisis de dispositivos especializados utilizados en contextos industriales o médicos.

1.7 Resumen

El presente estudio se apoya en una base teórica y conceptual robusta, que examina la evolución, clasificación y arquitectura de los dispositivos wearables, identificando los desafíos particulares que estos representan para el diseño de interfaces. Se abordan diversas metodologías centradas en el usuario y se analizan críticamente las limitaciones de aplicar enfoques convencionales en entornos portátiles. Asimismo, se integran referentes normativos internacionales en materia de accesibilidad, calidad y usabilidad, con el propósito de respaldar técnicamente la propuesta y asegurar su alineación tanto con las necesidades del usuario como con las especificaciones técnicas de estos dispositivos.

A partir de este fundamento, se plantea un marco de trabajo modular concebido específicamente para el contexto de los wearables. La propuesta incorpora principios como la flexibilidad estructurada, la validación iterativa en condiciones reales de uso, la adaptación a modalidades de interacción diversas y la incorporación explícita de estándares internacionales. Este marco se organiza en cinco fases secuenciales y adaptables, lo que facilita su implementación en entornos reales de diseño, incluso bajo condiciones de recursos limitados. Cada fase contempla actividades específicas, herramientas recomendadas y productos concretos, lo que permite ofrecer una guía práctica a equipos de diseño y desarrollo que deban enfrentar los retos propios de las plataformas portátiles.

Finalmente, se presentan las conclusiones generales del trabajo, en las que se subraya la necesidad de contar con un marco metodológico propio para el diseño de interfaces en dispositivos wearables, así como la pertinencia y solidez de la propuesta formulada. Se reconocen las principales limitaciones del estudio, entre ellas la ausencia de prototipos funcionales, y se proponen recomendaciones orientadas a su aplicación futura, validación empírica y desarrollo en ámbitos académicos y profesionales.

2. CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Este capítulo establece los fundamentos conceptuales y técnicos sobre los cuales se construye la propuesta de un marco de trabajo para el diseño de interfaces en dispositivos wearables. A través de una revisión rigurosa de literatura académica, se analizan aspectos como la evolución de estas tecnologías, sus tipologías, componentes técnicos y principios de funcionamiento. Del mismo modo, se examinan metodologías de diseño centradas en el usuario que resultan particularmente relevantes en este tipo de contextos, dadas las restricciones propias de los dispositivos portátiles. Además, se incorporan elementos teóricos clave, entre ellos la experiencia de usuario, el diseño adaptativo, la interacción humano-computadora y las normativas internacionales que regulan la accesibilidad y usabilidad. Todos estos elementos permiten enmarcar los criterios esenciales para el desarrollo de interfaces efectivas en entornos móviles, dinámicos y sensibles al contexto de uso.

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Dispositivos Wearables

2.1.1.1 Definición y Características Generales

Los dispositivos wearables, también conocidos como tecnologías vestibles, son sistemas electrónicos diseñados para ser utilizados directamente sobre el cuerpo humano, ya sea como parte de la vestimenta o como accesorios externos. Se caracterizan por su portabilidad, bajo peso y eficiencia energética, lo que les permite operar de manera continua sin interferir significativamente en la actividad cotidiana del usuario. Su función principal es asistir, monitorear o facilitar la interacción del usuario con su entorno mediante la recopilación, procesamiento y transmisión de datos en tiempo real (Godfrey et al., 2018).

A diferencia de los dispositivos móviles tradicionales, los wearables se integran de forma más íntima con el cuerpo del usuario, actuando como una prolongación sensorial que permite una interacción más directa y contextual. Están diseñados para captar datos biométricos, como la frecuencia cardíaca, el nivel de oxígeno en sangre o la temperatura corporal, así como información del entorno, como la ubicación geográfica, la intensidad de luz o la altitud. Además, pueden ofrecer retroalimentación inmediata a través de estímulos hápticos, señales visuales o alertas sonoras, adaptándose así a diferentes necesidades de interacción (Hu et al., 2024).

Estas cualidades permiten que los dispositivos wearables se implementen en diversos contextos, que van desde el ámbito de la salud y el deporte hasta la comunicación, el entretenimiento y la productividad personal. Su arquitectura interna suele incluir sensores especializados, microcontroladores o sistemas en chip (SoC), interfaces de usuario, conectividad inalámbrica, mecanismos de almacenamiento —tanto local como en la nube— y sistemas de alimentación energética. Asimismo, el diseño debe contemplar aspectos ergonómicos, resistencia a factores ambientales como agua, sudor o polvo, y un nivel de discreción visual que favorezca su aceptación y uso cotidiano (Dehghani & Dangelico, 2018).

2.1.1.2 Clasificación de Dispositivos Wearables

La clasificación de los dispositivos wearables puede abordarse desde distintos enfoques, como: criterio funcional, morfológico o de autonomía operativa. Esta clasificación es útil para entender la diversidad del ecosistema wearable y su aplicabilidad en diferentes contextos tecnológicos y sociales (Godfrey et al., 2018).

- **Por función principal:**
 - **Monitorización:** dispositivos orientados a capturar métricas fisiológicas o del entorno. Son ampliamente utilizados en el ámbito deportivo y de salud. Ejemplos: Xiaomi Mi Band, Apple Watch, Dexcom G7.
 - **Asistencia:** dispositivos que amplifican capacidades sensoriales o motoras, o que ofrecen soporte específico a personas con discapacidades. Ejemplos: gafas electrónicas para baja visión, exoesqueletos para rehabilitación.
 - **Interacción:** wearables cuya principal finalidad es establecer comunicación entre el usuario y otros sistemas digitales. Estos dispositivos suelen servir como interfaces portátiles. Ejemplos: HoloLens, anillos inteligentes, dispositivos de control por gestos.

- **Por localización corporal:**
 - **Muñeca:** Smartwatches y bandas de actividad, ubicados por conveniencia, proximidad al flujo sanguíneo (sensores), y facilidad de uso.
 - **Cabeza:** Gafas de realidad aumentada, audífonos inteligentes, cascos con HUD (Head-Up Display), que facilitan la percepción aumentada del entorno.
 - **Torso y extremidades:** Camisetas con sensores cardiopulmonares, mallas musculares, rodilleras con captación cinemática, calzado con sensores de presión.
 - **Implantables/Subcutáneos:** Tecnología wearable que se integra al cuerpo humano, principalmente en salud (ritmo cardíaco, glucosa, marcapasos inteligentes).

- **Por autonomía tecnológica:**
 - **Dependientes:** Requieren de conexión constante a un dispositivo central (smartphone, computador) para sincronizar, visualizar o procesar información.

- **Independientes:** Tienen procesadores, almacenamiento y comunicación integrados que permiten autonomía completa en la recolección, procesamiento y despliegue de datos (He, 2023).

2.1.1.3 Evolución Tecnológica

La evolución de los dispositivos wearables ha seguido un proceso técnico y funcional que abarca múltiples dimensiones: mejoras en capacidad de cómputo, miniaturización de sensores, eficiencia energética, integración con sistemas de inteligencia artificial, y expansión de redes de comunicación como LTE y 5G (Zhao et al., 2023). Este desarrollo puede observarse en la progresión por generaciones tecnológicas resumida en la **Tabla 1**, la cual detalla las principales características y ejemplos relevantes de cada etapa.

Tabla 1. Evolución tecnológica de los dispositivos wearables

Generación	Periodo	Características Clave	Ejemplos Relevantes
1ra Generación	2000–2010	Funciones básicas: conteo de pasos, podómetros mecánicos, sin conexión a internet	Nike FuelBand, primeros pulsómetros
2da Generación	2010–2018	Introducción de sensores múltiples, apps móviles, conexión Bluetooth, pantallas OLED	Fitbit Charge, Garmin Forerunner
3ra Generación	2018– presente	AI embebida, LTE, conectividad con IoT, asistentes virtuales, computación contextual	Apple Watch Series 8, Oura Ring

Nota: Esta evolución ha sido potenciada por el desarrollo de sensores MEMS, procesadores ultra eficientes, y software inteligente capaz de interpretar patrones biométricos en tiempo real (Adelusi & Yusuff, 2023).

2.1.1.4 Componentes Técnicos de los Wearables

Cada wearable está diseñado con una arquitectura que integra subsistemas coordinados. A continuación, se describen los más relevantes:

- **Sensores:** elementos esenciales que convierten variables físicas en datos digitales. Ejemplos:
 - Acelerómetro y giroscopio: detectan movimiento y orientación.
 - Pulsioxímetro: mide saturación de oxígeno.
 - ECG (electrocardiograma): analiza señales eléctricas del corazón.
 - Sensor EDA (actividad electro dérmica): útil para medir niveles de estrés.
 - GPS: localización geográfica precisa en actividades al aire libre (Godfrey et al., 2018).
- **Procesador (MCU o SoC):** unidad responsable de ejecutar tareas algorítmicas y de control. Ejemplo: Snapdragon Wear 4100, Apple S9. Su elección depende del nivel de complejidad del procesamiento requerido y la eficiencia energética buscada (He, 2023).
- **Pantallas:** tecnologías como AMOLED y e-paper brindan opciones de bajo consumo, alta visibilidad y adaptabilidad táctil. También existen interfaces sin pantalla, con retroalimentación háptica o vocal (Hu et al., 2024).
- **Batería y sistema energético:** optimizadas para lograr una duración mínima de 24-72 horas, dependiendo del tipo de sensores activados. Algunas líneas experimentales incluyen carga solar o por movimiento (kinetic energy harvesting) (Dehghani & Dangelico, 2018).
- **Módulos de conectividad:** BLE 5.2, NFC, Wi-Fi, LTE-M. Estas tecnologías permiten una transferencia de datos fluida con mínima pérdida energética, clave para el ecosistema IoT.

- **Firmware/Sistemas operativos:** desde entornos cerrados (watchOS) hasta sistemas abiertos (Wear OS, ZeppOS), se encargan de gestionar las interacciones, visualización y conectividad (Zhao et al., 2023).

2.1.1.5 *Arquitectura funcional de un wearable moderno*

Además de su estructura técnica interna, un dispositivo wearable se caracteriza por la forma en que sus distintos componentes interactúan como sistema. Más allá de la simple suma de sensores, procesadores y módulos, la clave está en el flujo funcional que permite captar datos, procesarlos y generar retroalimentación útil para el usuario en tiempo real.

La **Ilustración 1** muestra de manera esquemática esta cadena funcional típica en un wearable moderno. El proceso inicia con los sensores, que capturan datos del entorno o del cuerpo del usuario. Estos datos son procesados por la MCU/SoC, donde se aplican algoritmos que determinan el significado y utilidad de la información recogida. La información capturada por los dispositivos wearables puede ser procesada y almacenada de manera temporal, lo que permite su consulta posterior o la sincronización con otros sistemas cuando sea necesario. Finalmente, los resultados de este procesamiento se comunican al usuario a través de diferentes medios, como pantallas integradas, señales hápticas o alertas auditivas, en función del tipo de dispositivo y del contexto de uso.

Este flujo de trabajo es lo suficientemente flexible como para adaptarse a una amplia variedad de aplicaciones, que van desde el monitoreo de la actividad física hasta el control de dispositivos en el entorno inmediato. Gracias a esta versatilidad, los wearables pueden funcionar de manera autónoma o integrarse de forma eficiente en ecosistemas más amplios basados en Internet de las Cosas (IoT), ampliando así su alcance funcional y su valor como herramientas inteligentes y conectadas.

Ilustración 1. Arquitectura funcional de un wearable moderno



Nota: El gráfico evidencia cómo cada módulo del sistema interactúa, permitiendo la captura, procesamiento, visualización y comunicación de datos en tiempo real o asincrónico. (Godfrey et al., 2018)

2.1.2 Metodologías para el Diseño de Interfaces

2.1.2.1 Contexto de Aplicación y Necesidad de Herramientas Específicas

El diseño de interfaces para dispositivos wearables exige una comprensión profunda de los contextos de uso y de las limitaciones físicas impuestas por el hardware. A diferencia de otras plataformas como los teléfonos inteligentes o las tabletas, los wearables funcionan con pantallas significativamente más pequeñas, emplean métodos de entrada no convencionales —como comandos de voz, gestos o sensores hápticos—, y se utilizan en condiciones de alta movilidad, todo ello bajo restricciones energéticas relevantes. Estas condiciones particulares hacen que muchos enfoques de diseño convencionales resulten poco eficaces si no se adaptan adecuadamente. Como advierte Hassenzahl (2010), “el diseño centrado en la experiencia debe considerar tanto lo pragmático como lo hedónico para que una tecnología se perciba como significativa para el usuario”.

En este contexto, resulta indispensable analizar qué enfoques metodológicos ofrecen mejores soluciones para afrontar los desafíos del diseño de interfaces en dispositivos portátiles. La literatura reciente destaca tres marcos metodológicos con gran potencial en este campo: el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), una versión adaptada de Design Thinking y la metodología Lean UX aplicada en entornos ágiles. A continuación, se detallan sus principales características y su relevancia en el desarrollo de interfaces para tecnologías vestibles.

2.1.2.2 Diseño Centrado en el Usuario (DCU)

El Diseño Centrado en el Usuario (DCU), formalizado en la norma ISO 9241-210, propone un enfoque estructurado que promueve la participación activa de los usuarios durante todo el proceso de desarrollo. Este contempla cuatro etapas fundamentales:

- a) Análisis del contexto de uso
- b) Especificación de requisitos de usuario
- c) Generación de soluciones,
- d) Evaluación iterativa con usuarios reales.

En el caso de los dispositivos wearables, estas fases requieren adaptaciones específicas que consideren escenarios de uso reales —por ejemplo, caminando, realizando actividad física o en entornos con diferentes niveles de iluminación o ruido ambiental—. Además, es necesario incorporar métricas que permitan evaluar de forma objetiva la interacción, tales como el tiempo de respuesta, la carga cognitiva percibida o la legibilidad de los contenidos en pantallas de reducido tamaño. (International Organization for Standardization, 2019)

2.1.2.3 Design Thinking Adaptado a Wearables

El Design Thinking es un enfoque centrado en la innovación orientada al ser humano, estructurado en cinco fases clave: empatizar, definir, idear, prototipar y testear (Brown, 2009). En el caso de los dispositivos wearables, su aplicación resulta viable y valiosa, siempre que se ajusten las herramientas y técnicas a las particularidades del formato. Por ejemplo, la etapa de prototipado puede requerir el uso de materiales físicos y portables que simulen el dispositivo real, mientras que las pruebas deben realizarse en contextos auténticos de movilidad. La naturaleza iterativa del proceso fomenta la generación de soluciones creativas, como el uso de interfaces multimodales o interacciones adaptadas al entorno del usuario.

2.1.2.4 Lean UX: Prototipado Ágil en Entornos Cambiantes

Lean UX plantea un enfoque ágil centrado en la validación continua de hipótesis a través de ciclos breves de diseño, implementación y evaluación. Esta metodología resulta especialmente adecuada en el contexto de los wearables, donde la tecnología evoluciona de manera acelerada y los escenarios de uso son dinámicos y diversos. La capacidad de adaptación que ofrece Lean UX permite incorporar rápidamente nuevos hallazgos y ajustar el diseño en función de la retroalimentación obtenida. Su énfasis en el trabajo colaborativo entre disciplinas es particularmente relevante en proyectos que integran ingeniería de hardware, desarrollo de software, diseño gráfico y consideraciones ergonómicas (Gothelf & Seiden, 2016).

2.1.2.5 Limitaciones y Adaptaciones Metodológicas para Wearables

Si bien los enfoques metodológicos revisados ofrecen bases conceptuales y estructurales relevantes para el diseño centrado en el usuario, es importante reconocer que fueron concebidos originalmente para entornos de interacción más convencionales, como aplicaciones web, móviles o sistemas de escritorio. En estos casos, el contexto de uso suele ser más estable y el hardware presenta menos restricciones. Al trasladar estos enfoques al ámbito de los dispositivos wearables, surgen limitaciones específicas que dificultan su aplicación directa y efectiva.

- **Diseño Centrado en el Usuario (DCU):** Aunque constituye un marco riguroso y normativamente validado (ISO 9241-210), su implementación tradicional se basa en ciclos de diseño prolongados, pruebas en entornos controlados y una fuerte dependencia de la documentación formal. En el caso de los wearables, el contexto de uso es altamente dinámico: los usuarios interactúan en movimiento, en condiciones cambiantes de luz, sonido o postura corporal. Esto exige evaluaciones situadas y continuas, así como una mayor flexibilidad metodológica. Además, el DCU no contempla explícitamente la interacción multimodal —como el uso de comandos de voz, gestos o retroalimentación háptica—, elementos fundamentales en estos dispositivos.
- **Design Thinking:** Su enfoque flexible y creativo representa una ventaja en el desarrollo de soluciones innovadoras. Sin embargo, si se aplica sin ajustes, puede carecer de mecanismos formales que aseguren la accesibilidad, el cumplimiento de normativas internacionales (como la ISO o las WCAG), o la adaptación eficiente al hardware de bajo consumo energético. En consecuencia, podría generar propuestas interesantes desde el punto de vista conceptual, pero técnicamente inviables en escenarios reales de uso.

- **Lean UX:** Esta metodología es particularmente eficaz en procesos de desarrollo rápido y validación ágil de hipótesis. No obstante, su enfoque se centra en contextos digitales tradicionales, lo que puede dejar de lado variables críticas en entornos portátiles. En el caso de los wearables, aspectos como la ergonomía, la fatiga del usuario, la duración de la batería o el nivel de confort durante el uso prolongado deben incorporarse en las fases de prueba, ya que inciden directamente en la viabilidad de la solución.

Adicionalmente, ninguna de estas metodologías aborda con suficiente profundidad la integración sistemática de interacciones multimodales —basadas en sensores, voz o gestos—, ni proporciona lineamientos claros para enfrentar las restricciones energéticas y de procesamiento que caracterizan a los dispositivos wearables. Estas brechas evidencian la necesidad de un marco metodológico especializado que contemple las particularidades técnicas, de contexto y de experiencia de usuario propias de este tipo de tecnología.

Por tanto, para diseñar interfaces realmente eficientes en este contexto, es necesario adaptar estos enfoques y complementarlos con nuevos elementos que respondan a las particularidades de esta tecnología emergente.

2.1.2.6 Comparación entre DCU, Design Thinking y Lean UX para wearables

Después de describir cada enfoque, así como las limitaciones presentes en estos, al momento de diseñar interfaces para dispositivos wearables, resulta útil sintetizar sus principales características en una tabla comparativa. Esta **Tabla 2** permitirá visualizar rápidamente los puntos fuertes y limitaciones de cada metodología cuando se aplica al diseño de interfaces en dispositivos wearables, facilitando así la selección o combinación adecuada para diferentes proyectos.

Tabla 2. Cuadro comparativo de metodologías aplicadas

Metodología	Fortalezas clave en wearables	Limitaciones principales en wearables
DCU (ISO 9241-210)	Estructura formal, centrada en el contexto de uso real	Requiere adaptación a uso en movimiento y entrada multimodal
Design Thinking adaptado	Creatividad e invocación en soluciones	Debe mejorar la accesibilidad y viabilidad técnica
Lean UX ágil	Iteración rápida, colaboración interdisciplinaria	Riesgo de omitir factores fisiológicos y restricciones energéticas

Nota: La tabla resume las principales fortalezas y limitaciones de las metodologías analizadas en relación con el diseño de interfaces para dispositivos wearables.

2.1.2.7 Aplicabilidad

Considerando tanto las fortalezas como las limitaciones de las metodologías previamente analizadas, la propuesta que se desarrollará en el Capítulo 3 se presenta como una síntesis híbrida que combina y adapta los elementos más relevantes de cada enfoque, con el objetivo de responder de forma efectiva a las necesidades del diseño de interfaces en dispositivos wearables.

- Del Diseño Centrado en el Usuario (**DCU**) se retoma la importancia de comprender en profundidad el contexto de uso, así como la necesidad de validar las soluciones con usuarios reales. No obstante, el marco propuesto amplía estas prácticas al incorporar escenarios de validación en movimiento y en condiciones ambientales diversas, propias del uso cotidiano de los wearables.

- Del enfoque de **Design Thinking** se integran las fases de exploración creativa y prototipado rápido, favoreciendo la generación de soluciones innovadoras. Esta visión se complementa en el marco propuesto con la incorporación de criterios técnicos de viabilidad y cumplimiento normativo, fundamentales en el contexto de dispositivos con capacidades limitadas.
- En cuanto a **Lean UX**, se rescata su agilidad para validar hipótesis y su énfasis en la colaboración multidisciplinaria. Sin embargo, se refuerza con procesos de evaluación más detallados, orientados a verificar aspectos de usabilidad, accesibilidad y eficiencia energética, que son determinantes en este tipo de tecnología.

A partir de esta integración crítica, el marco metodológico planteado en este trabajo se estructura en cinco fases iterativas: exploración del contexto, definición de requerimientos, diseño adaptativo, validación iterativa y documentación. Esta organización modular permite a los equipos de diseño y desarrollo:

- Adaptarse a distintos tipos de wearables y perfiles de usuario.
- Incorporar desde etapas tempranas modalidades de interacción como gestos, voz o retroalimentación háptica.
- Optimizar las interfaces considerando restricciones de hardware y autonomía energética.
- Asegurar la accesibilidad y el cumplimiento de estándares internacionales como ISO y WCAG.

En resumen, el análisis de estas metodologías confirma que, si bien aportan principios valiosos para el diseño centrado en el usuario, resulta indispensable un enfoque específico que aborde las singularidades técnicas y de uso de los dispositivos wearables. Este análisis constituye una base fundamental para la formulación del marco de trabajo que se propone en esta investigación, el cual será desarrollado en el siguiente capítulo con el respaldo conceptual y técnico correspondiente.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Experiencia de Usuario (UX) en Wearables

La experiencia de usuario (UX) en el ámbito de los dispositivos wearables abarca aspectos que van más allá del cumplimiento funcional. Como señala Hassenzahl (2010), la experiencia se configura a partir de la relación entre el diseño del producto, el contexto en el que se utiliza y las expectativas emocionales del usuario. En el caso de los wearables, dicha experiencia se ve condicionada por factores como el confort físico al llevar el dispositivo, la discreción con la que puede ser usado en entornos sociales, la velocidad de respuesta ante una interacción y el esfuerzo cognitivo requerido para su utilización. Dado que estos dispositivos suelen emplearse mientras el usuario se encuentra en movimiento o realizando múltiples actividades, la interfaz debe ser simple, precisa y accesible mediante un número reducido de gestos o comandos.

Para evaluar la calidad de la experiencia de usuario en estos entornos, se emplean métricas específicas, entre ellas: el tiempo de interacción —idealmente inferior a tres segundos para tareas simples—, la frecuencia de uso en el día a día, la adherencia sostenida en el tiempo —entendida como un uso continuo durante al menos seis meses—, y la satisfacción percibida por el usuario, tanto a nivel práctico como emocional.

Un estudio de Fadhil (2019) demostró que muchos usuarios abandonan los wearables por razones asociadas a la incomodidad física, la baja utilidad percibida o la falta de funcionalidades esperadas, como la resistencia al agua o la compatibilidad con ciertas actividades.

2.2.2 Diseño Adaptativo vs. Diseño Responsivo

El diseño adaptativo consiste en generar versiones específicas de interfaces para diferentes tipos de dispositivos, mientras que el diseño responsivo ajusta una única interfaz según el tamaño de la pantalla. Dado que los wearables poseen pantallas de entre 1.2" y 1.9" con resoluciones limitadas, el diseño adaptativo es más apropiado. Este tipo de diseño permite priorizar información crítica, jerarquizar contenido, e implementar interacciones simplificadas. Marcotte (2011), diferencia ambos conceptos señalando que "el diseño responsivo fluye, mientras que el adaptativo optimiza".

En el diseño de interfaces para dispositivos wearables, la jerarquía de la información debe seguir el principio de divulgación progresiva, lo que implica presentar en primer lugar los elementos esenciales y permitir que el usuario acceda a niveles de detalle solo cuando sea necesario. Este enfoque contribuye a reducir la carga cognitiva y mejora la eficiencia en entornos de uso móvil. Asimismo, se recomienda utilizar tipografías optimizadas para pantallas pequeñas —como Roboto o San Francisco—, mantener un tamaño mínimo de letra de 14 píxeles y asegurar relaciones de contraste superiores a 4.5:1, en línea con las directrices establecidas por la norma WCAG 2.1 (W3C, 2018).

En este marco, resulta pertinente sintetizar las principales diferencias entre los enfoques de diseño responsivo y adaptativo, con el fin de comprender mejor su impacto en la construcción de interfaces eficaces para wearables. La **Tabla 3** presenta un resumen comparativo de estos elementos clave, evidenciando por qué el diseño adaptativo se posiciona como la estrategia más adecuada cuando se trabaja con dispositivos que presentan pantallas reducidas y capacidades de interacción limitadas.

Tabla 3. Comparación entre Diseño Adaptativo y Diseño Responsivo

Criterio	Diseño Adaptativo	Diseño Responsivo
Número de versiones de la interfaz	Varias versiones específicas	Una versión flexible
Control del diseño visual	Alto (por dispositivo)	Menor (se adapta automáticamente)
Optimización para pantallas pequeñas	Alta	Limitada
Recomendado para wearables	Sí	No recomendado

Nota: Elaboración propia con base en Marcotte (2011) y W3C (2018).

2.2.3 Interacción Humano-Computadora (HCI) en Wearables

La interacción humano-computadora en dispositivos wearables ha avanzado notablemente al integrar nuevas modalidades como comandos de voz, gestos e interfaces hápticas, lo que permite superar las restricciones propias de las pantallas táctiles de tamaño reducido. Rawassizadeh et al. (2016) desarrollaron una interfaz de lenguaje natural para relojes inteligentes, demostrando que los usuarios pueden formular preguntas contextuales de manera eficiente, incluso en dispositivos con limitaciones de espacio visual. En cuanto a las interacciones por gestos, Bansal (2023) evidenció que, al ser detectadas mediante sensores inerciales, permiten una comunicación más intuitiva y accesible, caracterizada por una curva de aprendizaje significativamente baja. Por último, el uso de retroalimentación háptica ha sido identificado como una estrategia efectiva para reforzar la experiencia del usuario de forma silenciosa, mejorando tanto la percepción como la usabilidad del sistema.

2.2.4 Normativas y Estándares Internacionales

El cumplimiento de normativas internacionales resulta fundamental para asegurar que las interfaces diseñadas para dispositivos wearables sean seguras, accesibles, eficientes y escalables. Estos dispositivos presentan una serie de desafíos particulares —como pantallas reducidas, modalidades de interacción multimodal (voz, gestos, retroalimentación háptica) y uso en contextos móviles o cambiantes— que exigen una aplicación rigurosa y contextualizada de los estándares de calidad y accesibilidad.

Entre las normativas más relevantes para esta investigación se encuentran:

- **ISO 9241-210:2019:** establece los principios del diseño centrado en el usuario. Define etapas clave, roles y buenas prácticas para garantizar que el diseño responda de forma efectiva a las necesidades reales del usuario (International Organization for Standardization, 2019).
- **ISO/IEC 25010:2011:** presenta un modelo de calidad del software que abarca dimensiones como usabilidad, eficiencia del rendimiento, compatibilidad, seguridad y portabilidad. Este estándar es particularmente útil para evaluar interfaces en dispositivos que presentan limitaciones técnicas (International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission, 2011).
- **WCAG 2.1 (W3C, 2018):** las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (W3C, 2018) también se aplican a aplicaciones móviles y wearables. Sus cuatro principios —perceptible, operable, comprensible y robusto— garantizan una experiencia inclusiva para personas con distintos tipos de discapacidad, ya sea visual, auditiva, motriz o cognitiva. (W3C, 2018)
- **ISO 9241-960:2017:** centrado en la interacción táctil y háptica, este estándar proporciona lineamientos para la implementación adecuada de entradas por contacto y retroalimentación física, particularmente útil en dispositivos de tamaño reducido (International Organization for Standardization, 2017).
- **Directrices de diseño de plataformas específicas:** como las Apple Human Interface Guidelines (Apple Inc., 2023) o Google Material Design for Wearables (Google LLC, 2025), que ofrecen pautas detalladas sobre navegación, tipografía, paleta de colores y uso de sensores en sus respectivos sistemas operativos.

Dada la naturaleza particular de los wearables, la incorporación de estos estándares cobra una relevancia aún mayor que en otros entornos de interacción. En especial, el cumplimiento de las directrices WCAG 2.1 y del estándar ISO 9241-960 resulta clave para garantizar una experiencia accesible y funcional en interfaces que operan en pantallas pequeñas y con métodos de entrada no convencionales. Por otro lado, las guías de diseño específicas de cada plataforma deben considerarse como un complemento técnico valioso, pero no como un reemplazo de los marcos internacionales más amplios. La Tabla 4 sintetiza los estándares mencionados, destacando su enfoque principal y su aporte específico al diseño de interfaces en el contexto de los dispositivos wearables.

Tabla 4. Síntesis de normativas y estándares aplicados

Norma / Estándar	Enfoque principal	Aporte clave en wearables
ISO 9241-210	Diseño centrado en el usuario	Proceso iterativo que considera contexto de uso dinámico
ISO/IEC 25010	Calidad de software	Criterios de usabilidad, eficiencia y rendimiento en hardware limitado
WCAG 2.1	Accesibilidad universal	Pautas críticas para interfaces inclusivas en pantallas pequeñas
ISO 9241-960	Interacción táctil y háptica	Directrices para entradas por contacto y feedback sensorial
Guías de plataformas (Apple, Google)	Diseño específico por sistema operativo	Patrones de UI optimizados para wearables, adaptados a cada SO

Nota: Elaboración propia con base en ISO (2019), ISO/IEC (2011), W3C (2018), Apple (2023), Google (2023).

2.2.4.1 Relevancia de las Normas para el Marco de Trabajo Propuesto

El **marco de trabajo propuesto en esta disertación** tomará como base estos estándares para definir cada fase del desarrollo de interfaces. Su integración es especialmente relevante en el contexto de los wearables, donde factores como la movilidad, la limitación de espacio visual, la multimodalidad y la accesibilidad deben ser considerados desde el inicio del diseño.

El cumplimiento de normas como WCAG 2.1 y ISO 9241-960 se vuelve crítico en estos dispositivos, donde las interacciones suelen depender de gestos, voz y háptica, y donde las restricciones físicas pueden afectar la experiencia de usuario.

La adopción de estos marcos normativos asegura que las soluciones desarrolladas sean evaluadas no únicamente desde la perspectiva del usuario, sino también conforme a criterios técnicos relacionados con la calidad, la accesibilidad y la sostenibilidad. Tal como señalan Preece, Rogers y Sharp (2011), “la adherencia a normas internacionales no limita la creatividad del diseñador, sino que estructura su trabajo dentro de parámetros de calidad verificables”, lo que resalta el valor de integrar estos lineamientos sin comprometer la innovación.

En conjunto, los principios normativos expuestos, sumados a los conceptos y enfoques metodológicos analizados a lo largo de este capítulo, constituyen el fundamento sobre el cual se construye el marco de trabajo específico que será desarrollado en el capítulo siguiente.

3. CAPÍTULO 3: PROPUESTA DEL MARCO DE TRABAJO

Este capítulo expone el marco de trabajo propuesto para el diseño de interfaces en dispositivos wearables orientados al consumo general. A diferencia de una metodología lineal y rígida, se plantea una estructura modular y flexible, pensada para ajustarse a distintos contextos de uso, equipos de desarrollo y niveles de recursos disponibles. Su base conceptual se sustenta en principios de diseño centrado en el usuario en movimiento, garantizando accesibilidad, usabilidad y una adaptación efectiva a las condiciones físicas y técnicas que caracterizan a los dispositivos portátiles.

3.1 Principios Fundamentales

Todo marco de trabajo profesional debe sustentarse en fundamentos epistemológicos, técnicos y prácticos que le otorguen coherencia interna y viabilidad en contextos reales de aplicación. En el caso del diseño de interfaces para dispositivos wearables, esta coherencia resulta aún más crucial debido a la naturaleza híbrida de dichos sistemas, que combinan componentes de hardware con limitaciones físicas, software de interacción, sensores en tiempo real y entornos de uso altamente móviles. Por ello, la construcción de un marco de trabajo eficaz requiere de un enfoque transdisciplinario que articule conocimientos provenientes del diseño de interacción, la ingeniería de software, la ergonomía y la experiencia de usuario (UX), integrando estos saberes en una propuesta funcional y adaptable.

3.1.1 ¿Qué es un marco de trabajo en diseño de interfaces?

Un marco de trabajo puede definirse como una estructura conceptual que organiza y relaciona principios, componentes y procedimientos clave para orientar procesos de diseño o desarrollo, sin establecer una secuencia fija o inflexible. A diferencia de una metodología cerrada, permite adaptarse a las particularidades de cada proyecto, manteniendo al mismo tiempo una coherencia estructural. En el campo de la experiencia de usuario (UX), estos marcos suelen agrupar buenas prácticas, herramientas y fases sugeridas que pueden implementarse con flexibilidad, lo cual resulta especialmente útil en entornos dinámicos como el de los dispositivos wearables (Hernández-Sampieri et al., 2014).

Desde la perspectiva del diseño centrado en el usuario, tal como lo establece la norma ISO 9241-210 (2019), un marco de trabajo debe contemplar al menos una serie de elementos estructurales esenciales que orienten la comprensión del contexto, la definición de requerimientos, la generación de soluciones y su evaluación iterativa con usuarios reales.

- **Principios rectores:** definen la orientación general (por ejemplo, centrado en el usuario, iterativo, empírico).
- **Componentes modulares:** bloques funcionales que permiten abordar distintos aspectos del diseño (exploración, diseño, validación).
- **Técnicas y herramientas de soporte:** prácticas concretas para desarrollar actividades específicas (por ejemplo, prototipado, pruebas de usabilidad, entrevistas).
- **Instrumentos de evaluación y retroalimentación:** métodos para verificar el cumplimiento de los objetivos establecidos (métricas, heurísticas, checklists).

- **Flexibilidad y adaptabilidad:** capacidad de ajustarse al contexto, sin perder consistencia estructural.

En este trabajo, los principios fundamentales se han formulado considerando tanto la literatura académica como las particularidades técnicas de los dispositivos wearables. A continuación, se explican detalladamente:

- **Principio 1: Enfoque centrado en el usuario activo y en movimiento**

El uso de dispositivos wearables no se produce en contextos estáticos, sino en situaciones dinámicas y cambiantes: al caminar, correr, o interactuar bajo condiciones variables como la luz solar directa o el ruido ambiental. Por esta razón, el diseño no puede limitarse a la interfaz visual, sino que debe considerar de forma integral la experiencia contextual del usuario. Este principio se fundamenta en la teoría de la experiencia situada, la cual entiende la interacción como un fenómeno influido por el entorno, las emociones y la corporalidad del usuario (Norman, 2013).

- **Principio 2: Flexibilidad Estructurada**

El marco de trabajo debe ofrecer la posibilidad de ser implementado de manera parcial o completa, en función de las capacidades del equipo, el tipo de dispositivo wearable y la etapa del proceso de desarrollo en la que se aplique. Esta flexibilidad, no obstante, debe estar acompañada por una definición clara de los límites, entregables y criterios de calidad de cada componente. La organización modular propuesta toma como referencia enfoques adaptativos como Lean UX, que permiten iterar rápidamente sin perder control estructural (Gothelf & Seiden, 2016).

- **Principio 3: Iteración Empírica Guiada**

El proceso de diseño debe incluir ciclos breves de validación desde etapas tempranas. Se prioriza el uso de prototipos rápidos, pruebas A/B en condiciones reales y evaluación heurística ajustada al contexto. Estas prácticas permiten mejorar la usabilidad mediante la retroalimentación continua basada en la observación del usuario. (Adelusi & Yusuff, 2023)

- **Principio 4: Enfoque Multimodal y Adaptativo**

La interfaz en wearables debe adaptarse al tipo de entrada posible: táctil, por voz, por gestos o por bioseñales. Cada modalidad impone condiciones específicas de diseño y debe ser contemplada desde el inicio. Este principio está alineado con los modelos de interacción ubicua y distribuida, aplicados en la computación corporal (Zhao et al., 2023).

- **Principio 5: Validación Situada y Normativa**

El diseño debe ser evaluado no solo por sus atributos funcionales, sino también por su adherencia a estándares internacionales. Se integran criterios de la ISO/IEC 25010 sobre calidad del software, así como las pautas de accesibilidad de WCAG 2.1. Esta combinación asegura interfaces inclusivas, eficientes y compatibles con diferentes perfiles de usuario (W3C, 2018).

3.2 Elementos del Marco de Trabajo Propuesto

Los elementos estructurales de este marco de trabajo fueron diseñados para integrarse con facilidad en equipos multidisciplinarios. Cada uno representa un componente modular pero interdependiente, lo que permite aplicar el marco en parte o en su totalidad (Gothelf & Seiden, 2016).

3.2.1 *Identificación de requerimientos clave*

El diseño en wearables no puede basarse en supuestos generalistas. Por ello, esta primera etapa busca levantar información empírica desde el contexto real:

- **Análisis del dispositivo objetivo:** se documentan limitaciones técnicas (memoria, pantalla, conectividad, sensores).
- **Análisis del usuario y entorno:** se define el perfil de usuario, entorno de uso, posibles escenarios de interrupción, y necesidades funcionales.
- **Requisitos funcionales:** tareas que debe permitir realizar la interfaz.
- **Requisitos no funcionales:** rendimiento, accesibilidad, compatibilidad, carga cognitiva permitida.

Se recomienda usar técnicas como: entrevistas contextualizadas, shadowing (observación en contexto), matriz de prioridades MoSCoW y mapas de empatía (Pruitt & Grudin, 2003).

3.2.2 *Diseño adaptativo para wearables*

El diseño adaptativo es preferido sobre el diseño responsivo en este contexto. Esta elección se basa en la capacidad del diseño adaptativo para definir layouts específicos por tipo de dispositivo, lo cual garantiza claridad visual y coherencia funcional en pantallas reducidas (Marcotte, 2011).

Se incluyen aquí los siguientes pasos:

- **Definición de arquitectura de información mínima:** organización jerárquica centrada en tareas de alta prioridad (ej. monitoreo de ritmo cardíaco, navegación rápida).
- **Diseño visual optimizado:** tipografía $\geq 14\text{px}$, contraste alto, zonas táctiles amplias ($\geq 44 \times 44\text{ px}$).
- **Flujos de interacción breves:** máximo 3–5 pasos por tarea.
- **Multimodalidad integrada:** diseño para voz, gestos o háptica en paralelo al diseño visual.

Herramientas sugeridas: Figma, Adobe XD, Plantillas de UI para WearOS o WatchOS, tarjetas de patrones de interacción (Nielsen, 2024)

3.2.3 Consideraciones de usabilidad y accesibilidad

Los dispositivos wearables presentan desafíos específicos de accesibilidad, especialmente para personas con visión reducida o discapacidades motrices. Por tanto, se integran desde esta etapa los siguientes criterios:

- **Accesibilidad visual:** contraste WCAG mínimo 4.5:1, uso de íconos con texto alternativo.

- **Interacción inclusiva:** navegación alternativa por voz, comandos simples, patrones hápticos diferenciables.
- **Retroalimentación contextual:** respuesta inmediata ante acciones del usuario (confirmaciones, errores, avisos).

Con el fin de facilitar la evaluación de estos aspectos en las interfaces diseñadas, se propone el uso de una lista de verificación que permita validar el cumplimiento de los principios fundamentales de accesibilidad en dispositivos wearables. La **Tabla 5** sintetiza estos criterios esenciales, proporcionando una herramienta práctica que puede ser utilizada por los equipos de diseño y desarrollo durante el proceso iterativo.

Se recomienda complementar esta verificación con pruebas realizadas por usuarios diversos, en diferentes condiciones de uso, y con el apoyo de listas de chequeo de accesibilidad específicas para entornos móviles (W3C, 2018).

Tabla 5. Lista de verificación de accesibilidad basada en WCAG 2.1

Criterio	Requisito según WCAG 2.1	¿Cumplido?
Contraste mínimo 4.5:1	✓	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Navegación alternativa por voz	✓	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Texto alternativo en íconos	✓	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Zonas táctiles $\geq 44 \times 44$ px	✓	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Tipografía legible (≥ 14 px)	✓	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

Nota: La tabla presenta un conjunto de criterios esenciales de accesibilidad aplicables al diseño de interfaces en dispositivos wearables, basados en la normativa WCAG 2.1. Permite validar el cumplimiento de principios fundamentales como el contraste visual, navegación inclusiva y legibilidad.

3.3 Limitaciones y Ámbitos de Aplicación

3.3.1 Exclusión de sectores industriales y médicos

El alcance de esta propuesta está limitado al diseño de interfaces para dispositivos wearables de consumo general. Se excluyen expresamente dispositivos orientados a entornos industriales (como sensores SCADA integrados en EPI) y dispositivos médicos regulados (como monitores cardíacos o de glucosa conectados a plataformas clínicas).

Esta exclusión responde a razones técnicas y normativas. En contextos industriales, el diseño de interfaces se rige por estándares específicos como ISO 13849 (seguridad funcional de maquinaria) y en el campo médico por regulaciones como la FDA (Food and Drug Administration) o el Reglamento (UE) 2017/745 sobre productos sanitarios, que exigen ciclos de validación altamente especializados (International Organization for Standardization, 2019).

3.3.2 *Enfoque en dispositivos de consumo general*

El marco de trabajo está dirigida a equipos de diseño y desarrollo que trabajan con:

- **Relojes inteligentes:** como los de las series Apple Watch, Galaxy Watch, TicWatch, con sistemas WatchOS o WearOS.
- **Bandas de actividad física:** como Mi Band, Fitbit Charge, o Huawei Band.
- **Gafas inteligentes de RA o HUD:** como Google Glass Enterprise o Vuzix Blade.
- **Otros wearables ligeros:** anillos inteligentes (Oura), auriculares con seguimiento biométrico, etc.

Estos dispositivos presentan necesidades comunes: pantallas reducidas, bajo consumo energético, movilidad continua y alta dependencia de sensores integrados. Por tanto, este marco de trabajo se adapta perfectamente a sus requerimientos mediante una estructura modular y accesible.

3.4 Marco de Trabajo Propuesto

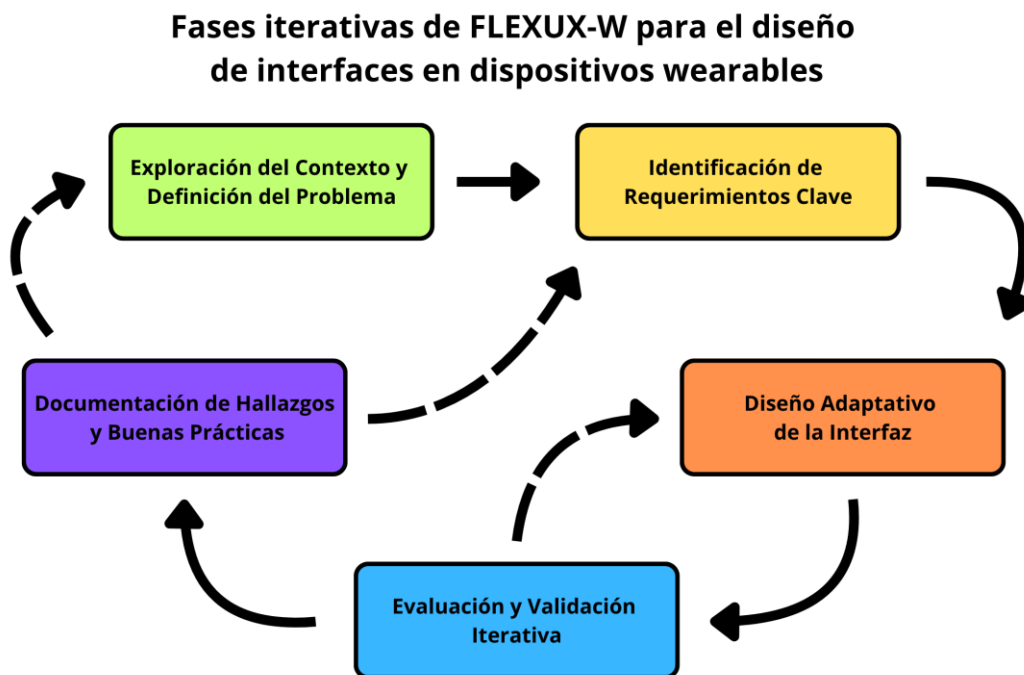
El marco de trabajo propuesto ha sido denominado **FLEXUX-W** (Flexible User Experience for Wearables), ya que representa una integración iterativa y adaptable de buenas prácticas centradas en la experiencia de usuario, orientada específicamente a entornos de interacción mediante dispositivos wearables. El nombre del marco de trabajo, **FLEXUX-W**, surge de la integración de tres conceptos clave: la flexibilidad en la estructura metodológica, la centralidad de la experiencia de usuario (UX) y el enfoque específico en dispositivos wearables (W). Esta propuesta es el resultado de una síntesis crítica y estructurada de tres enfoques ampliamente reconocidos en el campo del diseño: el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), el Design Thinking y el modelo Lean UX. De cada uno de ellos se han extraído los principios más pertinentes, reorganizándolos en un esquema accesible, contextualizado y replicable.

El marco se organiza en cinco fases iterativas que permiten abordar el diseño de interfaces para wearables considerando sus limitaciones técnicas, las condiciones de uso en movimiento y los criterios de accesibilidad. Cada una de estas fases incorpora actividades específicas, herramientas sugeridas y entregables documentados, los cuales se presentan de manera detallada en los anexos correspondientes.

Para facilitar la comprensión del proceso, la **Ilustración 2** muestra una representación gráfica del marco de trabajo FLEXUX-W. Esta visualización no solo refleja la secuencia lógica de las fases, sino que también pone en evidencia su carácter iterativo, mediante flechas entrecortadas que permiten retornar a etapas previas cuando los resultados así lo exijan. Este principio de retroalimentación resulta especialmente relevante en el desarrollo para dispositivos wearables, donde el diseño requiere ajustes continuos basados en validaciones contextuales y pruebas en entornos reales.

Cada fase se distingue mediante un color específico con fines tanto funcionales como visuales. Esta codificación cromática se mantiene de forma coherente a lo largo de los anexos, facilitando la identificación rápida de cada etapa y la vinculación directa con sus documentos asociados. Las flechas continuas en el diagrama indican el flujo natural del proceso, mientras que las flechas entrecortadas representan rutas alternativas de iteración y mejora continua.

Ilustración 2. Fases iterativas del marco de trabajo FLEXUX-W



Nota: Representación visual del proceso de trabajo, con codificación de colores por fase, flujo secuencial (líneas continuas) y retroalimentación iterativa (líneas entrecortadas).

3.4.1 Fase 1: Exploración del Contexto y definición del problema

Objetivo:

Comprender el entorno real de uso del dispositivo wearable y definir claramente el problema de diseño que se busca resolver.

Descripción de la fase:

Esta fase tiene como finalidad identificar las condiciones físicas, técnicas y humanas en las que el usuario interactúa con el dispositivo. Se analizan elementos del contexto (movilidad, iluminación, entorno sonoro), el tipo de dispositivo y sus restricciones (pantalla, entrada, autonomía), así como las necesidades generales del usuario. El resultado de esta fase es una delimitación clara del problema que guiará el diseño posterior.

Actividades:

- Levantar información contextual del entorno de uso.
- Analizar el tipo de dispositivo wearable y sus limitaciones.
- Identificar perfiles de usuario y sus necesidades.
- Formular el problema de diseño de forma estructurada.

Herramientas:

- Ficha de análisis contextual → Para registrar condiciones del entorno físico y tecnológico.
- Mapa de actores → Para identificar usuarios, tareas y relaciones con el sistema.

Entregables:

- Documento de análisis contextual (ver **Anexo 1**).
- Definición estructurada del problema de diseño (ver **Anexo 2**).

3.4.2 Fase 2: Identificación de requerimientos clave

Objetivo:

Definir y clasificar los requerimientos funcionales, no funcionales y de accesibilidad necesarios para la interfaz.

Descripción de la fase:

Se identifican los requisitos específicos que debe cumplir la interfaz, considerando tanto las funciones esperadas como las condiciones de uso (accesibilidad, interacción multimodal, rendimiento). Estos requerimientos guiarán el diseño adaptativo y la posterior validación.

Actividades:

- Identificar requerimientos funcionales y no funcionales.
- Incorporar requisitos de accesibilidad para usuarios con discapacidad.
- Documentar requerimientos con criterios de prioridad.
- Validar preliminarmente con usuarios o referentes.

Herramientas:

- Formulario de requerimientos funcionales → Para estructurar los requisitos del sistema.
- Checklist de accesibilidad para wearables → Para asegurar inclusión desde el diseño.

Entregables:

- Documento de requerimientos funcionales y no funcionales (ver **Anexo 3**).
- Checklist de accesibilidad completada (ver **Anexo 4**).

3.4.3 Fase 3: Diseño adaptativo de la interfaz

Objetivo:

Generar prototipos adaptados al contexto wearable considerando criterios de usabilidad, accesibilidad y adaptabilidad a distintos tamaños de pantalla.

Descripción de la fase:

En esta etapa se desarrolla el diseño de la interfaz mediante wireframes o prototipos de baja y media fidelidad, ajustados a las condiciones técnicas del dispositivo wearable. Se prioriza la simplicidad visual, la navegación fluida y la interacción natural con el entorno.

Actividades:

- Diseñar pantallas adaptadas a tamaños reducidos.
- Integrar elementos de interacción multimodal (gestos, voz, háptica).
- Aplicar principios de diseño accesible.
- Iterar visualmente a partir de retroalimentación preliminar.

Herramientas:

- Herramientas de prototipado (Figma, Adobe XD) → Para crear y probar interfaces.
- Guía de patrones visuales adaptativos → Para orientar el diseño en dispositivos pequeños.

Entregables:

- Prototipo visual de la interfaz (ver **Anexo 5**).
- Guía de diseño adaptativo aplicada (ver **Anexo 6**).

3.4.4 Fase 4: Evaluación y validación iterativa con usuarios

Objetivo:

Verificar la funcionalidad, accesibilidad y usabilidad de la interfaz mediante pruebas iterativas en condiciones reales.

Descripción de la fase:

Se realiza la evaluación de los prototipos a través de sesiones de prueba con usuarios reales, en contextos similares al uso final (movilidad, luz ambiente, etc.). Se registran resultados, errores, tiempos de interacción y retroalimentación, con el fin de refinar la interfaz.

Actividades:

- Ejecutar pruebas de usabilidad con usuarios en movimiento.
- Medir tiempos de interacción, errores y comprensión.
- Recoger retroalimentación sobre accesibilidad y experiencia.
- Documentar hallazgos y proponer mejoras.

Herramientas:

- Formato de prueba de usabilidad → Para registrar observaciones y resultados.
- Cuestionario de retroalimentación post-prueba → Para captar percepción del usuario.

Entregables:

- Informe de evaluación de usabilidad (ver **Anexo 7**).
- Registro de hallazgos y mejora iterativa (ver **Anexo 8**).

3.4.5 Fase 5: Documentación de hallazgos y buenas prácticas

Objetivo:

Consolidar los aprendizajes del proceso de diseño en un documento guía replicable para futuros desarrollos.

Descripción de la fase:

Esta fase recopila los resultados, decisiones y lineamientos que emergieron a lo largo del proceso. El objetivo es generar un documento que permita replicar o adaptar el marco de trabajo en otros proyectos de diseño para wearables.

Actividades:

- Sistematizar resultados y hallazgos del proceso.
- Redactar lineamientos de buenas prácticas para futuras aplicaciones.
- Documentar limitaciones encontradas y lecciones aprendidas.
- Diseñar la estructura del documento final.

Herramientas:

- Plantilla de documentación de buenas prácticas → Para estructurar recomendaciones por fase.
- Matriz de análisis de hallazgos → Para sintetizar aprendizajes.

Entregables:

- Documento final de buenas prácticas (ver **Anexo 9**).
- Matriz de síntesis de hallazgos (ver **Anexo 10**).

Con el objetivo de ofrecer una visión estructurada, sintética y operativa del marco de trabajo **FLEXUX-W**, se presentan a continuación las **Tablas 6, 7, 8, 9 y 10**, cada una correspondiente a una fase específica. Estas tablas resumen y consolidan la información clave de cada fase, facilitando la consulta rápida e identificando claramente las actividades principales, los entregables requeridos, su carácter obligatorio u opcional, la referencia al anexo correspondiente y observaciones adicionales que clarifican aspectos no descritos en las secciones previas.

Cuando una actividad es opcional o no cuenta con un formato definido, el usuario podrá emplear el formato que considere más adecuado, preferentemente reutilizando la estructura de encabezado de los anexos ya definidos para esa fase. En esos casos, la columna “Anexo” se marca con un guion (“-”) para indicar que no existe un modelo obligatorio asociado.

Tabla 6. Fase 1 – Exploración del Contexto y Definición del Problema

Actividad	Entregable	Opcional	Anexo	Observación clave
Levantar información contextual	Documento de análisis contextual	No	1	Incluir entorno físico, movilidad, contexto de uso
Analizar el tipo de dispositivo wearable y sus limitaciones	Ficha técnica del dispositivo	Sí	-	Tamaño de pantalla, batería, entradas disponibles
Identificar perfiles de usuario y sus necesidades	Mapa de actores y necesidades	Sí	-	Útil para definir interacciones y prioridades
Formular el problema de diseño	Definición estructurada del problema	No	2	Debe estar alineado con el usuario y el entorno

Nota: Resumen de actividades clave para el análisis del entorno, el dispositivo wearable, los usuarios y la definición estructurada del problema de diseño.

Tabla 7. Fase 2 – Identificación de Requerimientos Clave

Actividad	Entregable	Opcional	Anexo	Observación clave
Identificar requerimientos funcionales y no funcionales	Documento de requerimientos	No	3	Ordenar por prioridad, justificar cada uno
Incorporar requerimientos de accesibilidad	Checklist de accesibilidad	No	4	Basado en WCAG 2.1 adaptado a wearables
Documentar requerimientos con criterios de prioridad	Tabla de priorización contextual	Sí	-	Puede emplear escalas ordinales o ponderaciones
Validar preliminarmente con usuarios o referentes	Registro de validación inicial	Sí	-	Entrevistas, revisión experta o pruebas piloto

Nota: Actividades destinadas a definir los requerimientos funcionales, no funcionales y de accesibilidad, incluyendo validación preliminar.

Tabla 8. Fase 3 – Diseño Adaptativo de la Interfaz

Actividad	Entregable	Opcional	Anexo	Observación clave
Diseñar pantallas adaptadas a tamaños reducidos	Prototipo visual de la interfaz	No	5	Incluir pruebas de legibilidad y escalabilidad visual
Integrar elementos de interacción multimodal	Informe de interacción multimodal	Sí	-	Gestos, voz, háptica, según capacidades del usuario
Aplicar principios de diseño accesible	Guía de diseño accesible aplicada	No	6	Seguir lineamientos desde WCAG y usabilidad móvil
Iterar visualmente a partir de retroalimentación	Registro de iteración visual	Sí	-	Documentar ajustes tras comentarios iniciales

Nota: Actividades enfocadas en la creación de prototipos visuales y multimodales, aplicando principios de accesibilidad y adaptabilidad.

Tabla 9. Fase 4 – Evaluación y Validación Iterativa

Actividad	Entregable	Opcional	Anexo	Observación clave
Ejecutar pruebas de usabilidad con usuarios en movimiento	Informe de evaluación de usabilidad	de No	7	Pruebas situadas: luz, ruido, movimiento
Medir tiempos de interacción, errores y comprensión	Registro de métricas cuantitativas	de Sí	-	Puede ser parte del informe general o anexo adicional
Recoger retroalimentación sobre accesibilidad y experiencia	Cuestionario post-prueba	Sí	-	Incluye percepción, dificultades, sugerencias
Documentar hallazgos y proponer mejoras	Registro de hallazgos iterativos	de No	8	Retroalimentar fases anteriores si es necesario

Nota: Actividades de evaluación con usuarios en condiciones reales, medición de resultados y documentación de hallazgos para mejoras.

Tabla 10. Fase 5 – Documentación de Hallazgos y Buenas Prácticas

Actividad	Entregable	Opcional	Anexo	Observación clave
Sistematizar resultados y hallazgos del proceso	Documento de buenas prácticas	No	9	Recomendaciones por fase, replicable en futuros proyectos
Redactar lineamientos de buenas prácticas para futuras aplicaciones	Guía de aplicación futura	Sí	-	Puede incluir principios o decisiones reutilizables
Documentar limitaciones encontradas y lecciones aprendidas	Informe de reflexiones finales	Sí	-	Importante para validación externa o mejora continua
Diseñar la estructura del documento final	Matriz de síntesis de hallazgos	No	10	Base estructurada del marco de trabajo aplicada

Nota: Actividades orientadas a consolidar aprendizajes, redactar lineamientos y generar documentos reutilizables y replicables.

3.5 Elementos diferenciadores del marco de trabajo propuesto

EL marco de trabajo presentado en este trabajo no es una simple adaptación de enfoques preexistentes como el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), el Design Thinking o Lean UX. Aunque toma insumos clave de estas metodologías, se distingue por una integración específica, rigurosa y orientada exclusivamente al diseño de interfaces para dispositivos wearables de consumo general.

A continuación, se detallan los principales elementos que hacen de este marco de trabajo una propuesta original:

1. Contextualización técnica específica para wearables

Cada fase del marco de trabajo está diseñada considerando las restricciones reales de estos dispositivos: tamaño reducido de pantalla, consumo energético limitado, entradas no convencionales (voz, gestos, háptica), y uso en condiciones cambiantes. A diferencia del DCU tradicional o del enfoque general de Lean UX, aquí la validación no se limita al laboratorio, sino que exige pruebas situadas.

2. Validación iterativa en entornos reales de uso

Las pruebas con usuarios no se realizan únicamente en prototipos estáticos o simulaciones, sino que se ejecutan en escenarios que simulan el movimiento, la movilidad urbana, el ruido ambiental y la variabilidad lumínica, con el objetivo de reflejar las condiciones naturales del uso wearable.

3. Integración anticipada de accesibilidad y multimodalidad

En lugar de tratar la accesibilidad como una revisión final o un “complemento”, este marco de trabajo la incorpora desde la segunda fase, en el levantamiento de requerimientos. Del mismo modo, se considera desde el inicio la posibilidad de integrar entradas múltiples (voz, gestos), ajustando el diseño a capacidades diversas de los usuarios.

4. **Documentación estructurada como entregable clave**

Se incluye una fase específica de documentación que no existe como tal en metodologías ágiles. Esto permite generar entregables formales reutilizables, como guías de buenas prácticas, plantillas técnicas y registros de hallazgos que fortalecen la trazabilidad del proceso y su replicabilidad.

5. **Aplicabilidad enfocada en proyectos reales con restricciones reales**

El marco de trabajo está diseñado para ser implementado en equipos multidisciplinarios con recursos limitados, lo cual la hace útil tanto en contextos académicos como en prototipos funcionales en entornos productivos.

En conjunto, los elementos desarrollados permiten afirmar que el marco de trabajo propuesto representa una contribución concreta al diseño de interfaces dentro del ecosistema de los dispositivos wearables, al abordar vacíos metodológicos que los enfoques tradicionales no contemplan de forma explícita. Su estructura modular y su flexibilidad, combinadas con un respaldo normativo sólido, le otorgan aplicabilidad en proyectos reales que demandan altos estándares en experiencia de usuario.

La **Tabla 11** ofrece un resumen comparativo que permite visualizar con claridad los aspectos diferenciales de FLEXUX-W en relación con otras metodologías ampliamente empleadas en el diseño de interfaces, destacando sus aportes en términos de adaptabilidad, enfoque contextual y alineación con estándares internacionales.

Una vez desarrollada la propuesta metodológica basada en principios de diseño centrado en el usuario, accesibilidad, validación contextual y adaptabilidad técnica, el siguiente paso consiste en examinar los resultados alcanzados y reflexionar sobre el impacto, efectividad y proyección del marco de trabajo. El capítulo final presenta las conclusiones generales de este estudio, valorando el cumplimiento de los objetivos planteados y formulando

recomendaciones para su futura aplicación, validación empírica y evolución hacia nuevos escenarios de investigación y desarrollo.

Tabla 11. Comparación del marco de trabajo **FLEXUX-W** con enfoques existentes

Criterio	DCU (ISO 9241-210)	Design Thinking	Lean UX	FLEXUX-W
Enfoque contextualizado para wearables	Parcial	General	Parcial	Específico desde fase 1
Validación situada en movilidad real	No requerida	Opcional	Parcial	Requerida en fase 4
Integración anticipada de accesibilidad	En fase final	Según aplicación	Poco sistemática	Desde requerimientos (fase 2)
Soporte para entradas multimodales	Limitado	Alta en prototipado	Variable	Integrado desde fase de diseño
Fase formal de documentación metodológica	No incluida	No incluida	No incluida	Fase específica (fase 5)
Aplicabilidad a proyectos reales	Alta, pero generalista	Alta, centrada en innovación	Alta en entornos ágiles	Alta, con enfoque técnico + accesible

Nota: Elaboración propia basada en ISO (2019), Design Thinking (Brown, 2009), Lean UX (Gothelf & Seiden, 2016).

4. CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo ha reunido los principales hallazgos del proceso investigativo, ofreciendo una reflexión crítica sobre el marco de trabajo FLEXUX-W y su potencial de aplicación en el diseño de interfaces para dispositivos wearables. Se examinaron las condiciones técnicas y contextuales consideradas en la propuesta, se exploraron las posibilidades de su implementación en entornos reales y se formularon recomendaciones para optimizar su aplicación y favorecer su evolución futura. Con ello, el estudio culmina su desarrollo metodológico presentando una propuesta integral, adaptable y alineada con los estándares contemporáneos en experiencia de usuario, accesibilidad y tecnología portátil.

4.1 Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo fue desarrollar un marco de trabajo específico para el diseño de interfaces en dispositivos wearables orientados al consumo general. A lo largo del proceso investigativo se logró consolidar una propuesta robusta, técnicamente fundamentada y sensible a las particularidades de esta categoría de tecnología. Las siguientes conclusiones se estructuran en función del cumplimiento de los objetivos planteados:

- **Validación de la propuesta del marco de trabajo en el contexto de los wearables:**
El modelo FLEXUX-W representa un aporte concreto y aplicable al diseño de interfaces en dispositivos portátiles. La propuesta responde adecuadamente a las restricciones físicas, la interacción multimodal y los entornos dinámicos de uso, cumpliendo con el objetivo general de mejorar tanto la experiencia de usuario como la funcionalidad de estos dispositivos.

- **Identificación de fundamentos técnicos clave para el diseño en wearables:** A partir del análisis teórico y técnico desarrollado en el Capítulo 2, se identificaron principios esenciales como el diseño adaptativo, la experiencia contextual del usuario, la interacción multimodal y la accesibilidad universal. Estos elementos fueron respaldados por normativas internacionales como ISO 9241-210 y WCAG 2.1, lo que refuerza su validez dentro de un marco técnico confiable.
- **Análisis crítico de las restricciones técnicas en entornos móviles de interacción:** Se examinaron a fondo las limitaciones propias de los wearables, tales como las reducidas dimensiones de pantalla, la necesidad de interacción sin manos, la duración limitada de la batería y las condiciones variables de uso. Este análisis permitió definir con precisión los requerimientos funcionales que dieron forma al marco de trabajo propuesto.
- **Construcción estructurada de un marco de trabajo modular y replicable:** El modelo presentado en el Capítulo 3 se articula en cinco fases iterativas, cada una con actividades claramente definidas, herramientas recomendadas y entregables específicos. Esta estructura modular permite su adaptación a diferentes tipos de proyectos, tecnologías y equipos de trabajo, lo que evidencia su carácter replicable y su aplicabilidad práctica.

En conjunto, estas conclusiones demuestran que la propuesta desarrollada no solo es sólida desde el punto de vista teórico, sino también operativa y alineada con los estándares actuales de calidad en el diseño de interfaces. Su enfoque centrado en el usuario activo, la validación en contexto real y la incorporación temprana de criterios de accesibilidad aseguran la pertinencia del marco FLEXUX-W en escenarios reales de desarrollo.

4.2 Recomendaciones

A partir de los hallazgos obtenidos y de la aplicación teórica del marco de trabajo propuesto, se plantean las siguientes recomendaciones para futuras aplicaciones y líneas de inves

1. **Implementar FLEXUX-W en entornos de desarrollo reales:** Se recomienda aplicar el marco de trabajo en contextos prácticos, como proyectos de titulación, hackatones o prototipos desarrollados en startups tecnológicas. Esta implementación permitirá validar empíricamente su utilidad, detectar oportunidades de mejora y recopilar retroalimentación directa de usuarios finales en escenarios auténticos de uso.
2. **Incorporar criterios de accesibilidad desde las fases iniciales del diseño:** La accesibilidad debe ser considerada como un eje transversal en todo el proceso de diseño, no como un complemento posterior. Se sugiere integrar pruebas de accesibilidad desde la etapa de levantamiento de requerimientos, contemplando las necesidades de distintos perfiles de usuarios, incluyendo personas con discapacidades visuales, auditivas, motoras o cognitivas.
3. **Explorar nuevos tipos de dispositivos wearables:** Para ampliar la aplicabilidad del marco de trabajo, futuras investigaciones podrían enfocarse en su adaptación a tecnologías emergentes, tales como implantes inteligentes, gafas de realidad aumentada de última generación o textiles con sensores integrados. Estos nuevos escenarios representan oportunidades para validar y enriquecer aún más la propuesta metodológica.

4. **Documentar y difundir buenas prácticas:** Se alienta a los equipos de diseño a generar documentación sistemática basada en las experiencias de aplicación de FLEXUX-W, lo que contribuiría a consolidar una comunidad de práctica en torno al diseño UX para wearables.

4.3 Proyecciones futuras

El desarrollo de FLEXUX-W representa solo el inicio de una línea de trabajo más amplia en el diseño de experiencias digitales centradas en el cuerpo y el contexto. Algunas líneas futuras que podrían consolidarse son:

- **Validación empírica del marco de trabajo:** Aplicación sistemática en múltiples casos de estudio que permitan evaluar su efectividad comparativa frente a metodologías tradicionales.
- **Desarrollo de una herramienta digital complementaria:** Un sistema tipo checklist interactivo o asistente metodológico que guíe al equipo de diseño durante cada fase del proceso.
- **Adaptación curricular:** Integrar FLEXUX-W en programas de formación en UX, diseño de interacción o ingeniería de software con énfasis en tecnologías emergentes.
- **Exploración en entornos especializados:** Una posible evolución del marco de trabajo podría incorporar requisitos regulatorios específicos de sectores como la salud, la educación inclusiva o la seguridad industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- Adelusi, J. B., & Yusuff, M. (2023). *Design Principles for Wearable Technology in Human-Computer Interaction for Smart Industries*. <https://www.researchgate.net/publication/387501549>
- Apple Inc. (2023, junio 5). *Human Interface Guidelines: watchOS*. Apple Developer. <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/designing-for-watchos>
- Brown, T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*. HarperBusiness (HarperCollins Publishers).
- Dehghani, M., & Dangelico, R. M. (2018). Smart wearable technologies: state of the art and evolution over time through patent analysis and clustering. *International Journal of Product Development*, 22(4), 200–220. <https://doi.org/10.1504/IJPD.2018.091148>
- Fadhil, A. (2019). *Beyond Technical Motives: Perceived User Behavior in Abandoning Wearable Health & Wellness Trackers*. <https://www.pcmag.com/>
- Godfrey, A., Hetherington, V., Shum, H., Bonato, P., Lovell, N. H., & Stuart, S. (2018). From A to Z: Wearable technology explained. En *Maturitas* (Vol. 113, pp. 40–47). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.04.012>
- Google LLC. (2025, mayo 1). *Design for Wear OS*. Android Developers. <https://developer.android.com/design/ui/wear/guides/get-started/design-for-wearables/>
- Gothelf, J., & Seiden, J. (2016). *Lean UX: Designing great products with agile teams* (2a ed.). O'Reilly Media.

- Hassenzahl, M. (2010). Experience Design: Technology for All the Right Reasons. *Synthesis Lectures on Human-Centered Informatics*, 3(1), 1–95. <https://doi.org/10.2200/S00261ED1V01Y201003HCI008>
- He, L. (2023). *Unveiling the Touch Revolution: How Haptic Feedback Elevates Wearable Device Experiences*.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-Hill Education.
- Hu, L., Chen, Y., Cao, E., & Hu, W. (2024). User Experience & Usability of Wearable Health Device: A Bibliometric Analysis of 2014–2023. *International Journal of Human-Computer Interaction*. <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2357905>
- International Organization for Standardization. (2017). *ISO 9241-960:2017 Ergonomics of human-system interaction Part 960: Framework and guidance for gesture interactions* (1a ed.). ISO.
- International Organization for Standardization. (2019). *Ergonomics of human-system interaction – Human-centred design for interactive systems (ISO 9241-210:2019)* (2a ed.). International Organization for Standardization (ISO).
- International Organization for Standardization, & International Electrotechnical Commission. (2011). *Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models (ISO/IEC 25010:2011)* (1a ed.). ISO/IEC.
- Jaanhavi bansal. (2023). Gesture-based Human-Computer Interaction using Wearable Devices. *International Journal for Research Publication and Seminar*, 14(4), 141–150. <https://doi.org/10.36676/jrps.2023-v14i4-020>
- Marcotte, E. (2011). *Responsive Web Design*. A Book Apart.

- Nielsen, J. (2024, enero 30). *10 Usability Heuristics for User Interface Design*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Norman, D. A. . (2013). *The Design of Everyday Things : Revised and Expanded Edition*. Basic Books.
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2011). *Interaction Design: Beyond Human–Computer Interaction* (3a ed.). John Wiley & Sons.
- Pruitt, J., & Grudin, J. (2003). Personas. *Proceedings of the 2003 conference on Designing for user experiences*, 1–15. <https://doi.org/10.1145/997078.997089>
- Rawassizadeh, R., Dobbins, C., Nourizadeh, M., Ghamchili, Z., & Pazzani, M. (2016). *A Natural Language Query Interface for Searching Personal Information on Smartwatches*.
- W3C. (2018, junio 5). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. World Wide Web Consortium (W3C). <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>
- Zhao, S., Tan, F., & Fennedy, K. (2023). *Heads-Up Computing: Moving Beyond the Device-Centered Paradigm*.

ANEXOS DEL MARCO DE TRABAJO PROPUESTO

Anexo 1

Formato de Análisis Contextual del Entorno de Uso

Encabezado (Tabla):

Proyecto	Diseño de Interfaces Wearables
Fecha	[dd/mm/aaaa] – Formato recomendado
Autor	[Nombre completo del responsable]
Dispositivo objetivo	[Ej.: Reloj inteligente XYZ]

Contenido esperado:

1. Contexto físico del usuario:

Describir los espacios donde se usa el dispositivo (trabajo, casa, exteriores).

2. Entorno de movilidad y ruido:

Identificar si el usuario está en movimiento, el nivel de ruido y condiciones lumínicas.

3. Características del hardware:

Tamaño de pantalla, sensores disponibles, batería, conectividad.

4. **Necesidades identificadas:**

Breve resumen de los principales puntos observados en el contexto.

Pie de página (firma):

Fecha de entrega: // ____

Firma del responsable: _____

Comentario: El contenido puede ampliarse con más aspectos contextuales si se considera necesario para el análisis, pero los encabezados deben mantenerse para asegurar consistencia.

Anexo 2

Formato de Definición del Problema de Diseño

Encabezado (Tabla):

Proyecto	Diseño de Interfaces Wearables
Fecha	[dd/mm/aaaa]
Responsable	[Nombre del analista]

Contenido esperado:

1. Título del problema
2. Descripción del contexto
3. Justificación
4. Impacto esperado (Ej. Beneficios)

Pie de página (firma):

Revisado por: _____ Firma: _____

Comentario: La redacción de los ítems puede adaptarse al proyecto específico, pero se recomienda mantener esta estructura base para facilitar la comparación entre diferentes proyectos o iteraciones.

Anexo 3

Documento de Requerimientos Funcionales y No Funcionales

Encabezado (Tabla):

Proyecto **Diseño de Interfaces Wearables**

Versión 1.0

Fecha [dd/mm/aaaa]

Tabla esperada:

ID	Tipo	Descripción	Prioridad	Justificación
RF01	Funcional	Permitir navegar por voz	Alta	Evita uso de manos en movimiento
RNF01	No funcional	Cargar interfaz en <2 seg	Media	Mejora experiencia de usuario

Nota: Las columnas pueden ser ampliadas si el proyecto lo requiere (por ejemplo, añadiendo "Dependencias" o "Estado actual"), pero las categorías principales deben conservarse.

Pie de firma:

Validado por equipo de diseño: _____ Fecha: _____

Anexo 4

Checklist de Accesibilidad para Wearables (Adaptado de WCAG 2.1)

Encabezado (Tabla):

Proyecto Interfaces accesibles en wearables

Fecha [dd/mm/aaaa]

Tabla esperada:

Principio WCAG	Criterio evaluado	Cumple (S/N)	Observaciones
Perceptible	Contraste de color adecuado	S	Texto blanco sobre negro
Operable	Navegación por voz disponible	N	Faltan comandos básicos

Firma:

Responsable de revisión: _____ Fecha: _____

Comentario: Esta tabla puede ser extendida con criterios adicionales relevantes al proyecto, pero los cuatro principios de WCAG (perceptible, operable, comprensible, robusto) deben estar representados.

Anexo 5

Prototipo Visual de la Interfaz

Encabezado (Tabla):

Proyecto	Prototipo Visual Interfaz Wearable
Versión	1.0
Fecha	[dd/mm/aaaa]

Contenido esperado:

1. Capturas o mockups de pantallas clave (incluir nombre de pantalla y descripción).
2. Flujo de navegación entre pantallas.
3. Indicaciones de interacciones multimodales (gesto, voz, háptico).
4. Observaciones de diseño adaptativo aplicado.

Ejemplo de tabla:

Pantalla	Funcionalidad	Tipo de interacción	Notas de adaptabilidad
Inicio	Muestra menú	Táctil, voz	Escala en 200px
Modo noche	Ajuste visual	Gesto, voz	Contraste + tipografía

Firma:

Responsable de diseño visual: _____ Fecha: _____

Comentario: Este anexo puede contener imágenes, esquemas u otras representaciones visuales. Su estructura puede ampliarse, pero debe incluir siempre funcionalidad, tipo de interacción y notas sobre adaptabilidad.

Anexo 6

Guía de Diseño Adaptativo

Encabezado (Tabla):

Proyecto	Guía de Diseño para Wearables
-----------------	--------------------------------------

Autor	[Nombre del diseñador UX]
--------------	---------------------------

Fecha	[dd/mm/aaaa]
--------------	--------------

Contenido esperado:

1. Principios generales aplicados al diseño adaptativo.
2. Definición de componentes reutilizables adaptables.
3. Reglas de comportamiento por tamaño de pantalla.
4. Consideraciones específicas para interfaz minimalista.

Ejemplo de tabla:

Componente	Estado normal	Estado adaptado (pantalla < 200px)
Botón	50x20px	40x20px con ícono reducido
Menú lateral	Abierto	Compacto desplegable por gesto

Firma:

Diseñador responsable: _____ Revisión técnica: _____

Comentario: Puede modificarse o expandirse según necesidades del proyecto, pero se recomienda mantener ejemplos de adaptación por componente y principios aplicados.

Anexo 7

Formato para Prueba de Usabilidad

Encabezado (Tabla):

Proyecto	Evaluación de Usabilidad
Fecha	[dd/mm/aaaa]
Evaluador	[Nombre]

Contenido esperado:

1. Datos generales del participante.
2. Escenario de prueba y tareas planteadas.
3. Registro de observaciones: tiempos, errores, comentarios.

Ejemplo de tabla de resultados:

Tarea	Tiempo (s)	Éxito (S/N)	Comentarios del usuario
Acceder al menú	5	S	Tacto cómodo, intuitivo
Activar modo noche	10	N	No ubicó el botón

Firma:

Responsable de la prueba: _____ Fecha: _____

Comentario: Esta plantilla puede modificarse para incluir métricas adicionales como carga cognitiva percibida o satisfacción general, pero siempre debe capturar tiempo, éxito y comentarios.

Anexo 8

Registro de Hallazgos y Mejora Iterativa

Encabezado (Tabla):

Proyecto	Registro Iterativo
Iteración	1 / 2 / 3...
Fecha	[dd/mm/aaaa]

Tabla esperada:

Hallazgo	Causa estimada	Propuesta mejora	de Aplicada (S/N)	Resultado posterior
Botón poco visible	Bajo contraste	Aumentar contraste	S	Usuario lo encuentra fácilmente

Firma:

Analista UX: _____ Verificación: _____

Comentario: Puede adaptarse con más columnas si se usan otras métricas. Se sugiere mantener esta estructura para comparación entre versiones.

Anexo 9

Documento Final de Buenas Prácticas

Encabezado (Tabla):

Proyecto	Buenas Prácticas UX Wearables
Autor	[Nombre]
Fecha	[dd/mm/aaaa]

Contenido esperado:

1. Introducción al documento y objetivo.
2. Descripción de cada fase y actividades clave.
3. Lecciones aprendidas por fase.
4. Recomendaciones aplicables a futuros proyectos.

Firma:

Coordinador del proyecto: _____ Validación final: _____

Comentario: Puede ampliarse según lo aprendido en la implementación. Se sugiere mantener la organización por fase y agregar ejemplos reales.

Anexo 10

Matriz de Síntesis de Hallazgos

Encabezado (Tabla):

Proyecto	Matriz de Aprendizajes
Fecha	[dd/mm/aaaa]
Iteraciones analizadas	[1–n]

Tabla esperada:

Fase	Hallazgo recurrente	Posible causa	Implicación para futuros diseños
Fase 2	Requisitos ambiguos	Falta de entrevista clara	Documentar con ejemplos
Fase 4	Dificultad navegación	Menú poco intuitivo	Usar iconografía universal

Firma:

Autor del análisis: _____ Supervisión: _____

Comentario: Esta matriz debe conservar las cuatro columnas como mínimo. Puede ampliarse con peso de impacto o frecuencia de aparición.