

“Estudio de una pieza indumentaria inteligente para el ámbito deportivo”



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto

30 de Junio del 2020

Autor: Adrià Rovira Onyós

Directora: Heura Ventura Casellas

Codirector: Ignacio Gil Galí

Índice

1. Definición del proyecto	5
1.1 Objetivos.....	5
1.2 Alcance del proyecto.....	7
1.3 Planificación del proyecto.....	9
1.4 Briefing del proyecto.....	10
2. Fase de investigación	12
2.1 Área de búsqueda.....	12
2.2 Búsqueda de tendencias: referentes y benchmarking.....	14
2.2.1 Estudio de referentes.....	14
2.2.2 Benchmarking.....	17
2.3 Búsqueda técnica.....	20
2.3.1 Tecnologías de sensores.....	21
2.3.2 Sistemas de integración.....	26
2.3.3 Materiales textiles.....	31
2.4 Búsqueda centrada en el usuario.....	34
2.4.1 Mapa de empatía.....	34
2.4.2 User Journey Map.....	37
2.4.3 Perfil de usuario.....	38
2.5 Conclusiones de la fase de investigación.....	39
3 Fase de conceptualización del producto	41
3.1 Propuesta de valor.....	41
3.2 Requerimientos del proyecto.....	48

3.3 Dinámicas creativas.....	50
3.4 Formalización del producto.....	52
3.5 Propuesta de diseño.....	57
4. Fase de desarrollo del producto.....	60
4.1 Solución técnica.....	60
4.2 Propuesta formal.....	61
4.3 Definición técnica de los componentes.....	64
4.3.1 Selección de materiales y diseño de la prenda.....	64
4.3.2 Procesos industriales.....	68
4.3.3 Uniones y ensamblajes.....	69
4.3.4 Tecnologías utilizadas.....	70
4.4 Propuesta de la App.....	75
4.5 Impacto ambiental.....	87
4.6 Manual de uso.....	90
4.7 Comunicación del producto.....	91
4.8 Coste del producto.....	93
4.9 Viabilidad del producto.....	96
5. Conclusiones	97
6. Futuros proyectos.....	99
Bibliografía.....	101

Abstract

En la actualidad existen *wearables* capaces de medir datos biométricos y/o otros parámetros con el fin de controlar y mejorar el rendimiento deportivo, pero éstos son, en su gran mayoría, relojes y pulseras conectados a dispositivos móviles. Los textiles, en cambio, apuntan a ser excelentes sustratos para la integración de estos dispositivos, ya que se sitúan muy cerca del cuerpo de una forma no intrusiva, permitiendo una distribución precisa de los sensores.

Las prendas que integran componentes electrónicos en el tejido son considerados Smart Textiles, si éstas cuentan con un mínimo nivel de integración de estos componentes. En este proyecto se ha querido estudiar la viabilidad de un producto de estas características, de lo que se considera un *Smart Sport Textile*. Es decir una prenda técnica deportiva que integre un determinado número de sensores, que aporten cierta información de interés para el usuario.

Para ello, el trabajo se ha dividido en dos fases principales, la fase de investigación y la fase de desarrollo de la propuesta.

En la primera fase, se ha buscado información sobre el estado del arte, productos similares a lo que se quiere plantear, esto incluye ver qué sensores y otras tecnologías han integrado, cómo las han integrado y con qué objetivo. Además se han estudiado otros puntos relevantes, como el público objetivo de éstos y productos y el precio de venta al público. A partir de ésta primera búsqueda, se ha realizado una segunda búsqueda, esta vez para encontrar sensores y otros componentes electrónicos para medir y parametrizar datos biométricos, que se puedan integrar en prendas. Finalmente se ha buscado también diferentes métodos de integración de sensores y otros componentes electrónicos en prendas.

A partir de la información recolectada en la fase de investigación, se ha realizado una conceptualización de una propuesta de producto. Para ello, se han determinado los requerimientos del producto, se han realizado dinámicas para recoger ideas a partir de la información obtenida, para acabar convergiendo en una propuesta final. Una vez obtenida esta propuesta de diseño, se ha hecho una definición de los tres componentes del producto: la prenda, el sistema de sensores y la app. Se ha buscado realizar una propuesta viable, teniendo en cuenta el impacto ambiental y que cumpla con los requisitos del mercado y pueda ser un producto competitivo.

1. Definición del proyecto

“Estudio de una pieza indumentaria inteligente para el ámbito deportivo”

En este proyecto se quiere estudiar, los elementos necesarios para formar una prenda deportiva inteligente, o “*smart sport textile*” para posteriormente realizar una propuesta de diseño que sea viable y que cumpla con los requisitos que se establezcan durante el proyecto.

Para ello se han estudiado las diferentes soluciones actuales tanto en el mercado como en proyectos en fase de desarrollo, planteando las cuestiones: ¿Qué integran estas prendas? ¿Cómo lo integran? ¿Qué funciones son las más utilizadas o requeridas? (¿Qué materiales son los más adecuados para la prenda?, en cuanto a las tecnologías ¿Qué componentes o productos pueden ser adecuados para el proyecto? ¿Qué información ofrecen? ¿Cómo se integran en una prenda?, y entorno al usuario ¿Cuál es el perfil del potencial usuario? ¿Qué experiencia puede tener con el producto?. A partir de la información encontrada se han sopesado diferentes ideas para el producto y se han definido unos requisitos, para finalmente, realizar una propuesta final. Además, con la información recolectada se ha analizado la viabilidad de la propuesta. Se ha llevado a cabo desde el punto de vista ingenieril y del diseño industrial y de producto.

1.1 Objetivos

El objetivo principal del proyecto es el estudio de los elementos necesarios para hacer una medida de datos biométricos y/o otras funcionalidades y sus posibilidades de integración en una pieza de indumentaria para el ámbito deportivo.

Objetivos técnicos/tecnológicos

Desde el punto de vista más técnico se han marcado los siguientes objetivos:

- Realizar una búsqueda de sensores y otros componentes electrónicos, con la intención de encontrar diferentes opciones para la parametrización de datos biométricos.
- Analizar su adecuación a la posterior propuesta, tanto su integración como las funcionalidades de éstos.
- Estudiar la posible compatibilidad entre sensores y la comunicación con otros elementos como un *smartphone* o un ordenador.

Objetivos de diseño textil

Una vez estudiados los posibles componentes para parametrización de datos biométricos, se debe hacer un estudio de su posible integración en una prenda textil deportiva. Para ello se consideran los siguientes objetivos:

- Realizar una búsqueda sobre diferentes métodos de integración de componentes electrónicos en tejidos y prendas.
- Buscar fibras aptas para prendas deportivas y de sus características.
- Comparar las diferentes fibras y sus propiedades y seleccionar la más adecuada para la aplicación.
- Determinar la estructura del tejido de la prenda en base a los requerimientos establecidos.

Objetivos de diseño

Una vez obtenida información sobre los componentes electrónicos, su sistema de integración en la prenda, y el sustrato textil para la prenda, se buscarán diferentes propuestas de diseño formal, funcional y estético del producto. Para ello se ha considerado hacer lo siguiente:

- Establecer los requerimientos del proyecto y del producto en base a la información encontrada.
- Definir un target y un perfil del potencial usuario del producto.
- Realizar una comparativa con los diferentes productos del mercado y *benchmarking*.
- Recopilar diferentes ideas y propuestas para acabar filtrando y escogiendo las más aptas para el proyecto.
- Realizar una propuesta final y demostrar su viabilidad.
- Definir el uso del producto propuesto.
- Definir una imagen de marca.

Otros objetivos

Además de los puntos anteriores también se ha querido hacer lo siguiente:

- Considerar el posible impacto ambiental que pueda tener el producto.
- Obtener un producto competitivo en el mercado actual. Para lo que se ha realizado un desglose de costes.

1.2 Alcance del proyecto

Como se ha dicho en los objetivos, en este proyecto se quiere estudiar los elementos necesarios para formar una prenda inteligente con elementos para la medición de datos biométricos y/o otras funcionalidades y evaluar su viabilidad. Para cumplir los objetivos del proyecto se ha determinado el alcance de éste y se ha hecho un listado de tareas:

Queda dentro del alcance del proyecto:

- Evaluar y estudiar la problemática u objeto de estudio
- Evaluar las soluciones disponibles en el mercado, así como el estado del arte en la fase de investigación
- Evaluar la interacción con el usuario
- Realizar una propuesta, indicando qué elementos son necesarios y sus posibilidades de integración en una pieza indumentaria deportiva
- Evaluar la viabilidad de la propuesta

Para cumplir con los objetivos y dentro del alcance del proyecto, se han llevado a cabo las siguientes tareas

Realización de un análisis y estudio de la problemática

Para entender el producto, se ha realizado un estudio del entorno, de los posibles componentes electrónicos necesarios para el objetivo del proyecto y sus funcionalidades y aportaciones, su posible integración en la prenda e inconvenientes que puedan surgir, se ha escogido un sustrato textil u otro dependiendo de las necesidades de la propuesta de diseño, se ha determinado una estructura de la prenda y se ha presentado una propuesta de producto final, junto con un desglose técnico, ambiental y presupuestario.

Evaluación de las soluciones disponibles en el mercado, así como el estado del arte en la investigación

Para contextualizar el proyecto, se ha realizado un estudio de mercado, de los productos de más relevancia y con relación al proyecto, las tendencias y necesidades de los usuarios y cómo las cubren las marcas ya existentes. Por tanto, también se ha estudiado los productos de la competencia para ver qué incorporan y cómo resuelven estas necesidades. Tras este estudio, se ha realizado una comparativa de las marcas y sus productos para encontrar los elementos más destacados o imprescindibles, y encontrar posibles necesidades no resueltas o cubiertas.

Evaluación de la interacción con el usuario

Para determinar una propuesta de producto que cumpla con los requisitos, se ha analizado qué parámetros son de interés para el usuario y cómo desea interactuar con éstos y visualizarlos. Además, se han estudiado las diferentes maneras de integración de los sensores, teniendo en mente la interacción del usuario con éste, es decir qué acciones tendrá que llevar a cabo el usuario para su funcionamiento. Estos criterios se han tenido en cuenta para la selección de los componentes.

Realización de una nueva propuesta, indicando qué elementos son necesarios y sus posibilidades de integración en una prenda deportiva

Toda la información recabada ha convergido en una propuesta de producto final. Se han realizado unos planos generales de la prenda para entender las dimensiones generales de ésta, la integración de los componentes electrónicos y su posición respecto al conjunto.

Evaluación de la viabilidad de la propuesta

Una vez realizada la propuesta de producto, cabe ver si es viable. En esto se engloba un análisis de las tecnologías escogidas, los materiales, sus uniones y ensamblado, y de su proceso de fabricación, finalmente acompañado de un breve estudio del impacto ambiental y un presupuesto de fabricación.

1.3 Planificación del proyecto

Con el fin de planificar las diferentes tareas para el desarrollo del proyecto, se realizó un diagrama Gantt, que se muestra en la Fig. 1.



(Fig.1 Diagrama de Gantt)[1]

Como se puede ver en el diagrama, se pueden distinguir dos fases principales en el proyecto: la fase de investigación y la de desarrollo. Dentro de la fase de investigación se encuentran el Estado del Arte, la Búsqueda Técnica y las correspondientes Conclusiones. En la fase de desarrollo están comprendidas la Conceptualización del producto y el Desarrollo del Producto. Además de estas dos fases principales están las tareas de la definición del proyecto y la redacción de la memoria.

Cabe comentar que las diferentes tareas no han sido tan lineales como sugiere el diagrama de la Figura 1. Conforme se ha ido avanzando en el proyecto, se han revisado apartados ya hechos y hecho ampliaciones o retoques donde se ha requerido. Por ejemplo, han ido surgiendo nuevas partes del producto o variaciones a tener en cuenta, y se han tenido que hacer nuevas búsquedas complementarias para reforzar ciertos puntos, como puede ser la elección de la estructura del tejido de la prenda.

1.4 Briefing del proyecto

¿Qué producto se quiere llevar a cabo?

En este proyecto se ha realizado una propuesta de producto a partir de la información obtenida en la fase de investigación. De ésta se ha concluido que en el mercado existen productos con objetivos similares y que hay tecnología accesible para poder llevar a cabo un producto textil enfocado al deporte para la parametrización de datos biométricos durante la actividad. La propuesta que se ha llevado a cabo busca combinar una prenda cómoda y enfocada al deporte, una tecnología poco intrusiva que ofrezca los datos más relevantes para el target definido (deportistas amateurs), y que lo haga de una manera clara y atractiva para el usuario mediante una app.

Además se ha procurado minimizar el impacto ambiental del producto, por lo que se han buscado materiales que provengan de elementos reciclados y que el producto en sí, tras su uso, sea fácil de reciclar.

También se ha buscado que sea competitivo en el mercado. Se ha encontrado lo que puede ser un nicho de mercado, y se ha establecido un precio y unas características para que pueda ocupar tal nicho.

¿Para qué?

El mercado de parametrización durante el deporte actual está principalmente tomado por *wearables*, elementos con ciertas funcionalidades que el usuario se puede poner como complemento y, en este caso, enfocados al deporte. Los principales datos que se busca obtener a partir de las parametrizaciones son el ritmo cardíaco, el ritmo medio, calorías quemadas, distancia recorrida, intensidad del ejercicio y similares.

Se cree que las prendas textiles pueden ser un producto mejor para ésta parametrización, al estar más próximos al cuerpo y por tanto ofrecer unas mediciones más precisas, siendo igual o más cómodas que estos *wearables*. Así pues, se ha realizado este proyecto para demostrar la viabilidad de un producto con estas características, como una alternativa a los *wearables* actuales.

Contexto y antecedentes

Como se detalla en el apartado 3.1, actualmente en España, mercado más cercano y al que se va a hacer referencia durante el proyecto, un gran número de gente realiza deporte. Además, una parte importante del dinero invertido en deporte va a complementos y equipo, en el que se puede incluir el producto aquí planteado. Por lo que es un tipo de producto que se espera que tenga buena

salida en el mercado como ya la tienen los wearables mencionados y otros productos similares.

¿A quién va dirigido?

Este producto, como se detalla primero en el punto 2.3 y luego se complementa en el punto 3.1, va enfocado a deportistas que quieran tener un mínimo control sobre su rendimiento y evolución, ya sea como estilo de vida saludable o como retos deportivos.

El producto está enfocado más a deportistas amateurs que a profesionales, puesto que estos últimos requieren un nivel de precisión y abanico de datos mucho mayor y específicos para su deporte, pero no quiere decir que no sea apto para uso profesional.

Como se muestra en el apartado 3.1, cuanto más jóvenes más deporte se realiza, y por tanto el consumidor principal serán jóvenes adultos y adultos que ya tengan un cierto poder adquisitivo pero que practican deporte con cierta periodicidad.

Por último, no es un producto que esté enfocado a un deporte en concreto, puesto que se puede usar en un gran abanico de deportes diferentes. Pero las características de los datos que proporciona el producto son óptimas para deportes como el running y el ciclismo, u otros similares en los que se busca un rendimiento constante durante un cierto tiempo, y se quiere mejorar este rendimiento a medio-largo plazo, o mantener una cierta condición física para mantenerlo.

Previsiones

Por la información recolectada a lo largo del proyecto se espera que sea un producto que, con pocas variaciones respecto a la propuesta que se hace, sea viable, fabricable, que tenga salida y sea competitivo, teniendo además un bajo impacto ambiental. Se ha encontrado suficiente información para suponer que así será.

2. Fase de investigación

Esta sección recoge la información de relevancia para el proyecto. Se puede dividir en varias partes. Se ha llevado a cabo un estudio de mercado, del estado del arte, es decir de productos en el mercado similares y se ha detallado, dentro de lo posible, sus funcionalidades, su integración de los componentes electrónicos en la prenda y se han listado los sensores que integran. Tras esta primera búsqueda, se han podido determinar los elementos indispensables en este tipo de producto, las diferentes opciones de integración de los componentes electrónicos y cuáles son los más utilizados, la interacción del usuario con éstos y finalmente un perfil de usuario objetivo. La metodología empleada para cada búsqueda (excluyendo la centrada en el usuario, que ha seguido una metodología diferente), ha sido la siguiente:

- 1) Recolección de los diferentes elementos de estudio
- 2) Resumen de características principales y elementos destacados
- 3) Comparación de los diferentes elementos
- 4) Conclusiones de la búsqueda

La búsqueda de referentes y la de tecnologías están en forma de anexo en un documento aparte, y en este documento solo se han reflejado las conclusiones y tablas comparativas para poder contar con la información relevante de cara al proyecto.

2.1 Área de búsqueda

Hoy en día, la cultura del deporte está cada vez más arraigada en nuestra sociedad, y cada vez más gente practica deporte como parte de un estilo de vida saludable. Junto con este auge en la práctica del deporte, paralelamente, ha habido un auge en los accesorios y prendas deportivas. Entre los deportes más practicados se encuentran el running, el ciclismo y el entrenamiento en el gimnasio, actividades para las que se han ido desarrollando prendas cada vez más técnicas, o accesorios más completos (mochilas para ir en bici, cantimploras para llevar en un cinturón mientras corres, deportivas con suelas muy ergonómicas, etc.). Pero si hay un producto emergente a destacar en la mayoría de deportes éste son los *wearables*, dispositivos como relojes y pulseras que monitorizan al usuario mientras éste realiza deporte. Recordemos que estos productos son complementos que el usuario se pone o lleva consigo para parametrizar datos, servir como guía o producir alertas.

Dentro de los *wearables* enfocados al deporte, los *smartwatches* son los que ofrecen de manera más cómoda información en tiempo real al usuario. Además, hay una gran gama de productos dentro de cada marca, ofreciendo un mayor nivel de información y de funcionalidades conforme aumentan de precio. Para una mejor visualización y gestión de los datos parametrizados, estos

dispositivos se pueden conectar con un *smartphone* a través de una conexión *bluetooth*, y transmitir los datos a aplicaciones específicas que permite visualizarlos y analizarlos.

Junto con esta tendencia al alza de los *wearables*, ya desde hace unos años también han empezado a comercializarse *Smart Textiles* enfocados a la parametrización de datos biométricos, captación de movimientos y otras funciones. Las prendas que se pueden considerar *Smart Textiles* son aquellas prendas que integran sensores u otros componentes electrónicos a lo largo del tejido o prenda, cuentan con diferentes niveles de integración. Además estos componentes deben ser componentes mínimamente activos, es decir que el componente esté activo, como un sensor, mientras el usuario lleva la prenda.

Pese a que son un tipo de producto que aún está en fase de aceptación en el mercado, parece que cada vez más marcas de ropa y también de componentes electrónicos (como los fabricantes de *smartwatches* y *wearables*), están desarrollando productos basados en smart textiles para el público general. Aunque muchos de ellos están aún en fase de concepto o son todavía prototipos en pruebas, existen ya varios productos a la venta, que van introduciéndose en el mercado paulatinamente. El estudio de mercado correspondiente se puede encontrar en el Anexo 1 y sus conclusiones y la Tabla 1 en el apartado 2.2.

Así pues, la fase de búsqueda se ha centrado en este tipo de productos, los *smart textiles* y *wearables* para el deporte, de los que se ha buscado información, así como en: las diferentes tecnologías para la parametrización de datos biométricos; los *smart textiles*, sus diferentes soluciones de integración de componentes electrónicos, y qué componentes integran y con qué objetivo; también se buscará el perfil de usuario al cual van enfocados productos similares y al cual iría potencialmente enfocado la propuesta de producto que se realizará.

2.2 Búsqueda de tendencias: referentes y benchmarking

En este apartado se presentan las conclusiones del estudio de referentes y Benchmarking realizado. El objetivo es entender estos productos y, más allá de tener elementos que puedan servir de inspiración, que sirvan para analizar los componentes más utilizados para medir datos biométricos, las funcionalidades de los productos, su integración de los componentes electrónicos en la prenda y qué tipo de prenda son y a poder ser información sobre esta y sus características.

2.2.1. Estudio de referentes

Se han analizado un total de 16 productos de 12 marcas diferentes, correspondientes a 10 categorías: camisetas, pantalones, sujetadores deportivos, pijamas, chaquetas, relojes, cascos y calcetines. El detalle de todos los productos analizados se encuentra en el anexo 1.

Así pues, aquí únicamente se presentan los detalles más relevantes de la búsqueda llevada cabo, recogidos en la tabla 1, y las principales conclusiones extraídas para la conceptualización del producto.

Los productos escogidos cumplen con uno o más de los siguientes requisitos o características:

- Producto, que sea una prenda o complemento, que integre un mínimo de sensores que parametrizen ciertos datos, a poder ser biométricos.
- Productos enfocados al deporte.
- Producto que se considere o pueda considerarse competencia directa del producto que se quiere plantear.
- En caso de tratarse de una prenda, que ésta a poder ser sea de la parte superior del cuerpo.
- Que el estado del proyecto o del producto sea actual o reciente, ya sea finalizado o en progreso.

Respecto al *Nivel de Integración*, es un criterio que se ha fijado para entender hasta qué punto están integrados los sensores en producto:

- Nv 1 es el nivel mínimo de integración. Se trata de prendas que simplemente llevan cosido (sin hilos conductores), metido en un bolsillo o similar un sensor o medidor convencional.
- Nv 2 se trata de un nivel medio de integración, en el que los sensores no están integrados en la prenda, pero sí que hay un mínimo contacto con el cuerpo mediante pines o similares.
- Nv 3 se trata de una integración total de los sensores en el tejido de la prenda, se utilice o no un core para almacenar y procesar los datos recopilados.

	¿Orientado al deporte?	Tipo de prenda o wearable	Sensores usados	Target	Precio (€)	Nivel de integración	Estado proyecto
Athos[2]	Si	Pantalón y camiseta	- sEMG - Ritmo cardíaco	Atletas y deportistas profesionales	380	nv 3 + core	En el mercado
Qus[3]	Si	Camiseta sin mangas y sujetador deportivo	- Ritmo cardíaco - Localizador GPS - Ritmo respiratorio - Acelerómetro	Atletas y deportistas, tanto profesionales como casuales	400	nv 3 + core	En el mercado
Xenoma[4]	Algunos	Pijama, camiseta, pantalón, manga...	- Captación de movimiento - EMS - Impacto o caída	- Sector audiovisual - Deportistas - Gente mayor	n.d.	nv 3 + core	-Proyectos <i>on-going</i> - Motivan a que sirvan de plataforma para otros productos
OMbra[5]	Si	Sujetador deportivo	- Ritmo cardíaco - Ritmo respiratorio - Acelerómetro	Deportista casual	170	core nv 2	En el mercado
X Nadi[6]	Si	Pantalón de yoga	- Captación de movimiento - Vibrantes	Practicante de yoga	250	nv 3 + core	En el mercado
Mbody[7]	Si	Pantalón	- Captación de movimiento - Electromiografía	Deportistas profesionales	940	nv 3 + core	En el mercado
Jacquard[8]	No	Chaqueta Levi's	- Movimiento - Gestos - Micro y altavoz	General	380	nv 1	En el mercado
Sensoria[9]	Si	Camiseta, sujetador deportivo y calcetín	- Ritmo cardíaco - Acelerómetro - Impacto	Deportistas casuales	130 y 200	camiseta: nv 2 calcetín: nv 1	En el mercado
Owlet Sock[10]	No	Calcetín para bebé	- Ritmo cardíaco - Medidor de oxígeno	Padres y madres con bebé	270	nv 2	En el mercado
Gemin[11]	Si	Deportivas	- Impacto - Acelerómetro	Deportistas casuales	110 a 160	nv 1	En el mercado
Coros LINX[12]	Si	Casco para ciclistas	- Impacto - Audio vía ósea	Ciclistas	50	nv 1	En el mercado
Polar[13]	Si	Reloj y pulsómetro	- Ritmo cardíaco - Localizador GPS - Acelerómetro	Deportistas profesionales y casuales	150 a 600	"nv 3"	En el mercado

(Tabla 1: Comparativa productos en el mercado)
(n.d. = no disponible)

Conclusiones

Tras observar la información recogida en la Tabla 1, se pueden sacar algunas conclusiones.

Para empezar, una característica común de todas las prendas enfocadas al deporte es su gran proximidad con el cuerpo. Son prendas que se ajustan mucho al contorno del cuerpo, ya sea mediante materiales elásticos aplicados en ciertos puntos de la prenda, o mediante tejidos que por sus características estructurales se arropan más al cuerpo. Esto es muy importante para asegurar que los sensores que incorporan estén situados correctamente en todo momento durante la actividad física para así tener las mejores lecturas posibles. La mayoría de prendas son camisetas de manga corta.

Otro denominador común entre las prendas deportivas es que todas ellas como mínimo incorporan un sensor de ritmo cardíaco. Un sensor que hay que destacar es el acelerómetro, puesto que gran parte de las prendas lo incorporan ya que se trata de un sensor que proporciona muchas mediciones y por tanto información al usuario.

Por lo que se refiere al target, la mayoría de productos están enfocados al running, puesto que es un deporte muy generalizado y con una gran cantidad de integrantes. Además, muchas de las mediciones y datos recopilados para el running son aplicables a otros deportes como el ciclismo, el fitness... Un factor imprescindible de todos estos productos es un dispositivo al cual conectarse para transferir la información recopilada y poder plasmarla en una interfaz clara y de fácil comprensión para el usuario, ya sea mediante apps para smartphones y tablets, o mediante softwares más complejos para ordenadores.

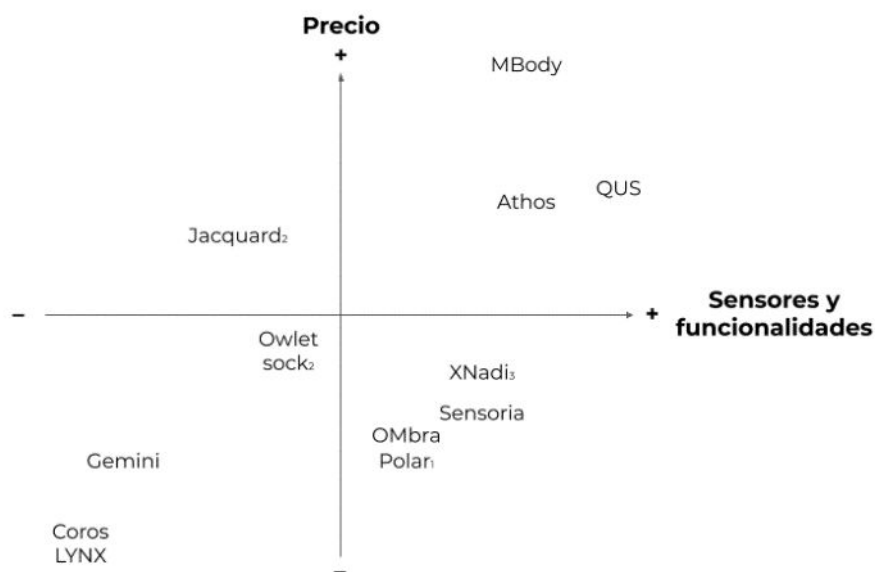
Ciertos productos, a pesar de no estar enfocados al deporte, pueden ser de gran utilidad como referentes de la manera de integrar los sensores y de la tecnología usada, o para adaptar algunas de las utilidades y mediciones de estos productos a otros productos enfocados al deporte, como el de este proyecto.

Por último, por lo que a nivel de integración respecta, se puede apreciar como los productos enfocados a un público más profesional tienden a contar con una integración de Nv 3: Son más complejos y completos, y también más caros. En cambio, los productos enfocados a un público más casual son más económicos y cuentan con menor precisión y menos funciones, aunque cumplen con su objetivo. Para este proyecto, que se plantea como integración de componentes disponibles y no contempla el desarrollo de sensores, es adecuado definir un nivel de integración entre 1 y 2 según los sensores que se encuentren.

2.2.2. Benchmarking

A partir de la información recolectada de diferentes productos similares en el mercado se han realizado diferentes gráficas comparativas para ver qué nichos de mercado pueden aparecer y ser explotados.

Precio/Sensores y funcionalidades



(Fig. 2 Gráfica Precio/Sensores y funcionalidades)

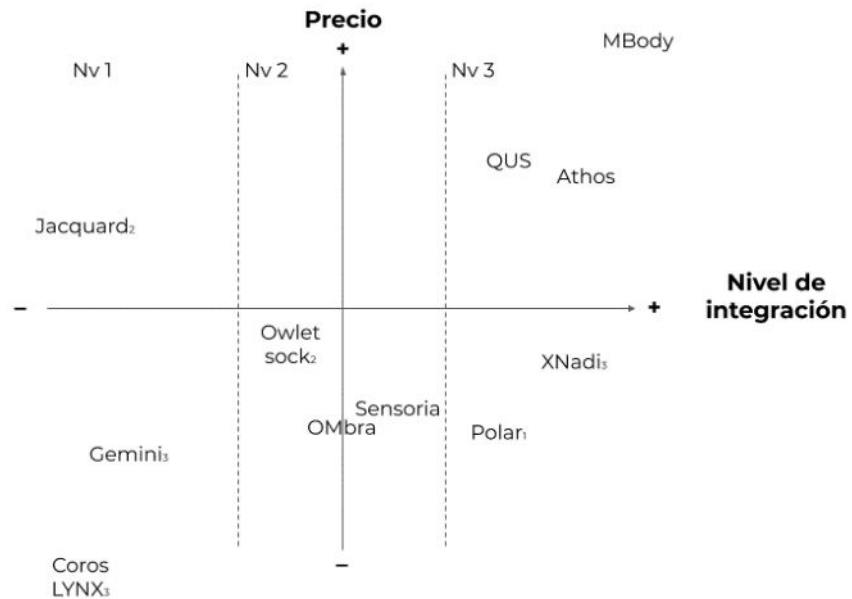
¹Polar produce wearables enfocados al deporte y cuenta con una gran gama de productos y precios

²Jacquard by Google y Owlet Sock son smart textiles sin nada que ver con el deporte

³XNadi es un producto enfocado al Yoga y la captación de movimiento

En la gráfica de la Fig. 2 se ha reflejado de una manera aproximada la relación de gran parte de los productos que se han encontrado en la fase de búsqueda de referentes (excluyendo aquellos de los que no se ha podido encontrar el precio). Se puede observar una tendencia ascendente en cuanto a precio y número de sensores que integran y/o funcionalidad del producto. Los productos más enfocados al deporte integran un mayor número de sensores o funcionalidades, a excepción de las deportivas Gemini, y el casco de bicicleta Coros LYNX, que pese a estar enfocados al deporte tienen un enfoque diferente a las prendas o relojes. Otro factor a destacar es que hay bastante diversidad en cuanto a los precios de productos similares y a tener más en cuenta (los de la derecha de la gráfica).

Precio/Nivel de integración



(Fig. 3 Gráfica Precio/Nivel de integración)

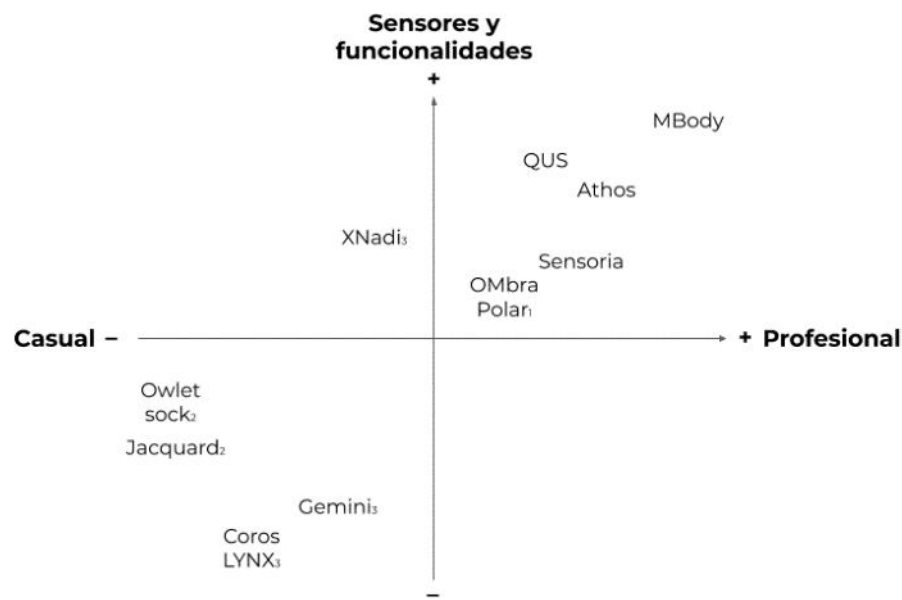
¹Polar produce wearables enfocados al deporte y cuenta con una gran gama de productos y precios

²Jacquard by Google y Owlet Sock son smart textiles sin nada que ver con el deporte

³XNadi es un producto enfocado al Yoga y la captación de movimiento

En la segunda gráfica (Fig. 3) se ha comparado el precio de los productos con el nivel de integración de los sensores, teniendo en cuenta el criterio establecido en puntos anteriores. De nuevo se puede ver una relación positiva, en cuanto a un mayor nivel de integración, mayor precio (con la excepción de Jacquard by Google).

Sensores y funcionalidades/Nivel de profesionalidad del target y el producto



(Fig. 4 Gráfica Sensores y funcionalidades/Nivel de profesionalidad del target y el producto)

¹ Polar produce wearables enfocados al deporte y cuenta con una gran gama de productos y precios

² Jacquard by Google y Owlet Sock son smart textiles sin nada que ver con el deporte

³ XNadi es un producto enfocado al Yoga y la captación de movimiento

En la última gráfica presentada (Fig. 4), se ha buscado la relación del nivel de profesionalidad del producto y target y el número de sensores y funcionalidades. De nuevo encontramos una relación positiva ascendente, a mayor nivel de profesionalidad del producto o target, mayor número de funcionalidades y sensores. Si además tomamos los datos de la gráfica 1 y 2 podemos concluir que los productos enfocados a usuarios más profesionales, es decir que realizan deporte de una manera profesional, cuentan con un mayor número de sensores y funcionalidades, el nivel de integración es mayor y, por último, el precio también es mayor. Si se comparan el producto MBody y los productos Sensoria y OMbra, se observa que son prendas enfocadas a la parametrización de datos biométricos, pero con targets muy diferentes. El primero está enfocado a deportistas profesionales y los otros dos a deportistas casuales o amateurs, y por ello también hay un gran contraste en el precio de los productos (casi 800 euros de diferencia). Por último, está el número de sensores y su integración. MBody cuenta con un gran número de sensores repartidos por la prenda y ofrece un gran número de parámetros. Además cuenta con un software para profesionales también. En cambio, los otros dos productos integran los sensores en un core de quitar y poner en la prenda y ofrecen muchos menos datos.

2.3 Búsqueda técnica

Gracias al benchmarking realizado y el estudio de estos productos similares, y tal y como se refleja en las conclusiones de éste, el componente electrónico más repetido es el sensor de ritmo cardíaco. El segundo componente electrónico más utilizado, por el número de datos que se pueden obtener a partir de sus mediciones junto con cálculos posteriores, es el acelerómetro. Por último, se ha visto que todos los componentes acaban enviando los datos recolectados a un dispositivo externo (tipo *smartphone* u ordenador) para su visualización, ya sea en tiempo real o a posteriori. Así pues, en el siguiente apartado se presentan los resultados de la búsqueda de tecnologías que puedan ser de utilidad para la propuesta de producto, teniendo en cuenta los tres componentes/funcionalidades ya comentadas.

Además, para la búsqueda tecnológica se ha querido encontrar componentes que puedan darnos datos que se han considerado de importancia:

- El ritmo cardíaco
- El ritmo medio, en deportes como el ciclismo o el *running*
- La calorías quemadas
- La distancia recorrida, pasos realizados y otros similares
- La intensidad del ejercicio, como puede ser la cadencia al correr
- También es interesante que tengan o puedan tener conectividad con otros dispositivos como un *smartphone*

Con el sensor de ritmo cardíaco se obtiene el primero. Con un acelerómetro se pueden calcular el resto, y los datos se pueden enriquecer con la ayuda de un giroscopio y/o un localizador GPS. Otros datos que pueden ser de interés pero no son prioritarios son algunos como el cambio de elevación, la actividad muscular o la monitorización del sueño o la respiración.

En la búsqueda técnica también se han buscado diferentes métodos de integración según las tecnologías encontradas en el apartado 2.3.1, así como diferentes materiales que puedan utilizarse en la prenda que se quiere diseñar.

2.3.1 Tecnologías de sensores

En la tabla 2 se ha hecho una comparativa de las diferentes opciones que ofrece cada tipo de producto y las diferencias respecto a los demás productos. Se ha realizado esta tabla con el fin de poder ver los pros y contras de los “cores” de terceros y los componentes por separado, y poder decantarse por unos o por otros de cara al proyecto.

Hay que aclarar que el término “core” se ha establecido como aquel producto que ya integra todos los sensores y componentes electrónicos bajo un mismo hardware, normalmente cerrado, y que suele incluirse en una carcasa de plástico.

En esta primera búsqueda técnica se han analizado un total de 7 productos o conjuntos de productos de 7 marcas diferentes, correspondientes a 2 categorías: sensores integrados en cores, y sensores o componentes sin hardware adicional alguno. La información de cada producto aquí mencionado se puede encontrar en el Anexo 2. Aquí únicamente se presenta la información más relevante, que se resume en una tabla (Tabla 2) de la cual se sacan las principales conclusiones para la conceptualización del producto.

	Tipo de producto	Dimensiones (mm)	Sensores usados	Conectividad	Precio (€)	Necesidad de hardware adicional	Valoración cualitativa
Movesense [14]	Core con sensores integrados	∅36,6 × 10,6	Acelerómetro Giroscopio Magnetómetro Termómetro Ritmo Cardíaco	Bluetooth 4.0	Core: 38,50 Kit: 99	No	Es el core más completo y que permite más personalización. Además es el más económico.
Infineon [15]	Sensores sin hardware	DPS310: 2,0 × 2,5 × 1,1 DPS368: 2,0 × 2,5 × 1,1	Presión Temperatura	No, pero se puede conseguir mediante otros componentes	n.d.	Sí	Se trata de un par de sensores que pese a que se promocionan como enfocados a monitorizar el deporte, no cuentan con acelerómetro u otra manera de monitorizar el movimiento y otros aspectos relevantes por lo que faltaría poder montarse con más componentes.
Xsense [16]	Core con sensores integrados	36,3 × 30,35 × 10,80	Inercia Acelerómetro Movimiento	Bluetooth 5.0	Pack 5 sensores: 495	No	Se trata de un gran producto para la monitorización del movimiento pero no cuenta con sensor de ritmo cardíaco.
TE Connectivity [17]	Sensores sin hardware	Depende del componente	Humedad Posición Presión Temperatura	No, pero se puede conseguir mediante otros componentes	Depende del componente	Sí	TE Connectivity cuenta con una gran gama de sensores.
IMU [18]	Core con sensores integrados	42 × 27 × 11	Acelerómetro Giroscopio Magnetómetro	Bluetooth 5.0	n.d.	No	Sensor muy enfocado a la actividad muscular del tronco inferior. También carece de sensor de ritmo cardíaco. Muy adecuado para futbolistas u otros deportistas con muchas actividad del tronco inferior.
TDK [19]	Sensores sin hardware	3 × 3 × 0,9	Giroscopio Acelerómetro Compás DMP (Digital Motion Processor)	No, pero se puede conseguir mediante otros componentes	Depende de la cantidad de uds.	Sí	Se trata de un sensor más completo que los de Infineon y con más funciones en un solo chip que los de TE Connectivity. Sería un muy buen componente para un posible core, a falta de hardware y otros componentes.
Mbient Lab [20]	Core con sensores integrados	27 × 27 × 4	Acelerómetro Giroscopio Magnetómetro Barómetro	Bluetooth 4.0	53-75	No	Es el único core modular y que por tanto se le pueden añadir más componentes. Sería un buen candidato, pero no cuenta con sensor cardíaco.

(Tabla 2: Comparativa de tecnologías)
(n.d. = no disponible)

Conclusiones

De esta búsqueda de tecnologías se puede concluir que el sector de los sensores es muy amplio y tiene una grandísima variedad de aplicaciones. Dentro de los sensores que se han buscado, se ha hecho hincapié en que fuesen sensores “wearable”, es decir que se puedan usar en prendas, relojes, pulseras u otros accesorios cercanos al cuerpo. En base a la búsqueda previa, los parámetros que más se busca monitorear o analizar son el ritmo cardíaco, la distancia recorrida, el ritmo medio, las calorías quemadas y la fatiga muscular, entre otros.

En esta búsqueda se ha encontrado dos tipos de dispositivos que pueden servir de cara al producto final, pero con enfoques diferentes. Se trata de sensores ya ensamblados, que forman un core listo para usar, con conectividad con otros dispositivos mediante bluetooth, muy personalizables para diferentes tipos de usos y diferentes maneras de llevarlos encima. Por otro lado, se han encontrado sensores que sirven como componentes para estos cores, es decir son solo una parte de un conjunto que acaba siendo el core y por tanto solo realiza alguna de las funciones ya mencionadas. Estos componentes son acelerómetros, giroscopios, sensores de ritmo cardíaco y otros más.

Los cores, son elementos cerrados pero con mucha capacidad de personalización del software. Casi todos los citados en este documento ofrecen un sistema de software abierto para que se pueda personalizar su uso en función del producto final, del deporte que se quiera practicar o funcionalidad que se le quiera dar al core. Todos cuentan con acelerómetros, pero solo el core de Movesense cuenta con sensor de ritmo cardíaco. Todos los cores son de dimensiones muy pequeñas (aproximadamente como la corona de un reloj de pulsera), lo que facilita su posible integración en una prenda. Para este proyecto, es el más completo, cuenta con todos los sensores que se han destacado en el apartado anterior: sensor de ritmo cardíaco, acelerómetro y giroscopio. Estos dos últimos son los encargados de parametrizar la posición del usuario mientras hace deporte. El primero se basa en unos ejes de referencia y determina la posición lineal en éstos. El segundo cumple una función similar, solo que en este caso parametriza la rotación. Con los datos obtenidos de estos dos sensores se consigue información como el ritmo medio, las calorías quemadas, revoluciones por tiempo (si fuese situado en el pie se podrían calcular las pedaleadas y sacar un ritmo medio), e incluso se calcula la distancia total recorrida. Además el core de Movesense cuenta con termómetro y magnetómetro, del primero en caso de requerir la información se puede utilizar para medir la temperatura corporal, pero no tiene muchas más aplicaciones de ámbito deportivo, hay que recordar que el core de Movesense es un core polivalente para un gran abanico de aplicaciones, no solo deportivas. Con el magnetómetro se puede medir la fuerza y dirección de un campo magnético, datos que no aportan nada a nuestro perfil de usuario pero que puede tener otras aplicaciones. Así pues se trata de un core con todos los sensores que más datos nos pueden proporcionar, cuenta con un tamaño reducido, conectividad Bluetooth y cuenta con un software totalmente abierto

que permite la personalización de aplicaciones externas y de los sensores internos. Se trata de un producto que quiere servir como plataforma para diferentes proyectos innovadores.

Por lo que respecta a sensores sin core, se han encontrado proveedores de sensores que ofrecen acelerómetros o giroscopios, entre otros, para wearables enfocados al deporte. TE Connectivity e Infineon son desarrolladores de una gran variedad de sensores y entre ellos los ya mencionados. Éstos requieren un ensamblado junto con otros sensores, CPU, placa base y otros componentes para acabar formando algo similar a los cores. En el caso de TSK, ofrecen un sensor que ya incorpora algunos de los sensores que se necesitan, como el acelerómetro y el giroscopio y ya están enfocados al deporte con reconocimiento de actividades, conteo de calorías o pasos efectuados entre otros.

De cara al proyecto, puesto que el diseño de componentes electrónicos queda fuera de los conocimientos actuales y el alcance del proyecto, se ha optado por escoger un core de un tercero. Estos cores ofrecen ya una variedad de sensores programados para la parametrización de datos biométricos y/o similares, e incluso ya están muy enfocados al deporte, como el caso de IMU.

Así pues, aunque realizar el diseño del sensor permite mucha más personalización, tanto de los componentes como la posición de estos en la prenda o tejido, y por tanto la adaptación a la prenda y necesidades del producto final, esto queda fuera del alcance y no se ha optado por esta opción. Por este motivo se han buscado cores que cumplan con las especificaciones necesarias para el proyecto, según se han comentado en la búsqueda de del apartado anterior. Los cores encontrados son los de: Movesense, Xsens, IMU y MbientLab.

Los diferentes criterios de selección para el core son:

- 1) Sensores indispensables: sensor de ritmo cardíaco y acelerómetro
- 2) Opción de poder integrarse en una prenda o tejido
- 3) Conectividad con dispositivos externos
- 4) Dimensiones pequeñas para no ser un elemento que moleste al usuario durante el deporte
- 5) Capacidad de personalización de funciones y/o software
- 6) Precio competitivo

Respecto a estos criterios, cabe decir que:

- 1) Tras comparar los diferentes cores en la tabla 2 según los criterios aquí resumidos, se puede observar que el único que cuenta con sensor de ritmo cardíaco es el core de Movesense, pese a que todos cuentan con acelerómetro. En cuanto a sensores, como se ha dicho ya, es el que además integra más, puesto que los demás están enfocados principalmente a la captación de movimientos.

- 2) En el caso de la integración en prendas o tejidos, el único que ofrece un conector para ponerse en un tejido es, de nuevo, el de Movesense. El resto están pensados para utilizar elementos como bolsillos o adhesivos para ir situados directamente en la piel.
- 3) Todos los cores cuentan con conectividad *Bluetooth*.
- 4) Todos los cores cuentan con dimensiones muy reducidas y por tanto no molestan al usuario por ello.
- 5) El único core que no cuenta con una mínima personalización del software es el de IMU, el resto sí ofrecen, y animan, a desarrollar software para su uso.
- 6) Por último, los dos con los precios más competitivos son los de Movesense (entorno a los 39 €) y de MbientLab (entre 53 y 75 €). Xsense solo ofrece un pack de 5 cores con base de carga, para poder situar los cores en diferentes extremidades, pero con un precio mucho mayor (499 €). IMU no ofrece ningún precio en su página web, por lo que solo deben darse bajo consulta o interés.

Así pues, el que cumple con más criterios es el de Movesense, por lo que es el core escogido para la propuesta que se ha realizado en este proyecto. Se trata de un core que cuenta con los sensores indispensables para poder obtener los datos que se han marcado como más relevantes al principio del apartado, y con conectividad *Bluetooth*. Además ofrece aún más opciones al integrar giroscopio, que complementa los datos del acelerómetro y le da más precisión a los cálculos, termómetro, al que se le puede buscar alguna funcionalidad relacionada con el deporte, y el magnetómetro que puede usarse como brújula (ya que no se va a usar como detector de campos de señales magnéticas) y por tanto ayudar en la medición de distancia y similares.

2.3.2 Sistemas de integración

Pese ya haber determinado que de cara al proyecto se va a utilizar el core de Movesense, y que éste cuenta cuenta con dos opciones de conectores para integrar el core en la prenda, se van a estudiar diferentes métodos de integración para ver si algún método puede resultar más idóneo para el proyecto o puede ofrecer alguna característica relevante.

En muchos *Smart Textiles* se adapta la electrónica convencional para moldearse y adoptar la flexibilidad de la prenda. Mucha de esta electrónica no solo se ha buscado que sea flexible, sino que también se ha procurado reducir el tamaño para una mejor y más fácil integración. Esta electrónica puede integrarse de muchas maneras diferentes: cosiendo o uniendo cables y componentes convencionales o bien hilos conductores, sustituyendo fibras no conductoras por fibras conductoras, imprimiendo líneas conductoras (con tinta, polímeros...) [21].

¿Qué maneras hay de integrar sensores en una prenda textil?

Actualmente hay muchos sensores diferentes que pueden ser integrados en prendas textiles. Siguiendo el criterio fijado en la sección 2.2.1:

- El nivel de integración 1 es el nivel mínimo en el que el sensor o dispositivo sencillamente está añadido encima de la prenda, o metido en un bolsillo o similar.
- El nivel 2 es un nivel de integración medio, aquí, elementos como pines metálicos force-fit ⁽¹⁾ o similares se utilizan para acoplar los sensores o componentes en la prenda. También se incluyen otros elementos que están integrados en la prenda sin ser activos, es decir no son sensores o elementos que estén en funcionamiento sin el acoplamiento de un core u otros dispositivos.
- El nivel 3 (nivel máximo de integración en una prenda) es aquel que integra los sensores en el tejido y cuenta con hilos conductores como parte del circuito. Este último no quita que se le acople un core para recopilar los datos de los sensores y almacenarlos y/o enviarlos a un dispositivo para su visualización.

1: Según el artículo de la referencia [20], se trata de un elemento que cuenta con macho y hembra y que mediante presión se encajan. Para desencajarlos hay que ejercer fuerza en la dirección opuesta. Se puede ver un ejemplo en la figura 49.

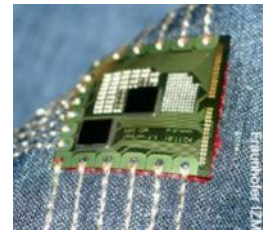
Así pues, a la hora de integrar sensores, circuitos y otros elementos, se puede llevar a cabo con diferentes tipos de uniones, estas se pueden dividir en mecánicas, físicas y químicas [21]:

- Mecánicas: Estas engloban aquellas uniones que se llevan a cabo con elementos físicos que aguantan o mantienen los diferentes elementos en contacto con la prenda. Este tipo de uniones podría considerarse de nivel de integración 1 o nivel 2 según cómo se estructure el conjunto.



(Fig 5. Unión Force-Fit)[22]

- Físicos: Estas engloban microsoldaduras, adhesión termoplástica, polímeros adhesivos conductores, entre otros. Este tipo de unión ya es más próxima a la prenda e incluso algunos de los elementos están totalmente integrados en el tejido, por lo que se podría considerar que el nivel de integración está entre 2 y 3 según la formación del conjunto.



(Fig 6. Circuito flexible y bordado)[22]

- Químicos: En este caso algunos ejemplos serían enlaces químicos covalentes, oxidación de ácidos, adhesivos varios o pre-tratamientos con plasma. Este caso es similar al de las uniones físicas, según la formación del conjunto el nivel de integración sería de nivel 2 o 3.



(Fig 7. Adhesivo IC)[22]

¿Cómo integran los sensores los siguientes productos?

Para analizar más en detalle la integración de sensores y otros elementos electrónicos, en esta sección se evalúan algunos de los referentes de la sección 2.2 y otros nuevos añadidos, con la finalidad de entender cómo cada marca ha abordado la integración de los componentes electrónicos a la prenda.

QUS

Este producto es una prenda deportiva que parametriza varios datos durante la actividad deportiva, para ello integra varios sensores a lo largo del tejido, y estos mediante hilos conductores a lo largo del tejido en los puntos claves. Todos los componentes electrónicos se pueden meter en la lavadora. Las conexiones terminan en cuatro pines force-fit a los que se adjunta el core con más componentes para poder tratar los datos y enviarlos a otros dispositivos [3].



(Fig. 8 Core de QUS y pines force-fit)[23]

Xenoma e-Skin

Xenoma cuenta con varios productos, y en todos ellos los sensores y otros elementos electrónicos están integrados en la prenda, aunque algunos a un nivel de integración mayor que otros, pero todos son de nivel 2 o 3 según el producto. Puesto que la información disponible es limitada, no se sabe si cuenta con hilos conductores en el tejido, cables convencionales o una combinación de ambos. Según el producto además cuenta con elementos como electrodos en contacto con el cuerpo o sensores para captación de movimiento en la parte externa del tejido. Además, todos los productos cuentan con un core, algunos desacoplables y otros integrados en la prenda [4].



(Fig 9. Xenoma e-Skin, ejemplo de sensores y electrodos en el tejido)[24]



(Fig. 10 Xenoma ECG Shirt, ejemplo de electrodos en contacto con el cuerpo)[24]

Vodafone Smart Jacket

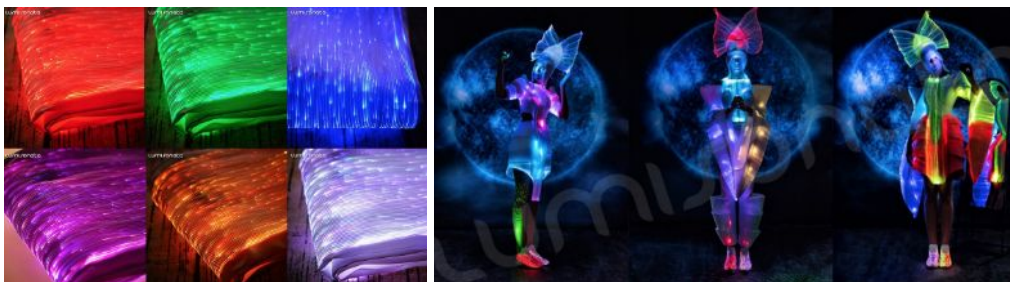
Este proyecto de Vodafone en colaboración con la *Universidad Tecnológica de Delft* y la *Dutch Cyclist Association*, busca ayudar a los ciclistas a tener más visibilidad en la carretera y evitar posibles accidentes. Esto los consigue con 320 luces LED repartidas por la chaqueta, 15 en cada manga y 290 en la espalda, que se iluminan para señalar a conductores y viandantes del movimiento que va a efectuar el ciclista con flechas de color rojo. Además, cuenta con varias baterías los laterales de la chaqueta y un Hotspot para conectarse con el teléfono, lo que le permite obtener la ruta y por tanto las direcciones. Todos estos componentes electrónicos están integrados en la chaqueta, pero muchos de ellos son convencionales (de momento), es decir son de nivel de integración 1, ya que más bien están cosidos en la parte interna, y sujetos en bolsillos o similares [23].



(Fig. 11 Vodafone Smart Jacket, en uso (izq.) y enseñando componentes(dcha.)))[24]

Prendas con fibra óptica

En Smart textiles no solo se integran elementos electrónicos funcionales, también se integran elementos con motivos estéticos, como luces LED o fibra óptica que iluminada crea efectos visuales como se pueden ver en la Figura 12. Algunas marcas de ropa están planteando prendas con fibra óptica para crear efectos visuales con luces de colores y con diferentes patrones. La fibra óptica está entrelazada entre el tejido y conectada a una fuente de alimentación disimulada en algún punto de la prenda [25].



(Fig. 12 Prendas con fibra óptica Lumisonata)[26]

Prendas con circuitos impresos en tinta conductora

Otra manera de integrar circuitos en una prenda es imprimiendo un circuito de tinta conductora en el tejido y conectando los componentes electrónicos necesarios para completarlo. Un ejemplo es la reciente investigación realizada en la Universidad de Manchester, en la cual han conseguido imprimir un circuito altamente conductivo con grafeno y plata, ideal para Smart Textiles. Este es de un coste mucho menor que la tinta de plata [27][28].



(Fig. 13 circuito impreso de la Universidad de Manchester)[29]

Conclusiones

Como se ha comentado al inicio del apartado, el core escogido de Movesense cuenta ya con una propuesta de integración en una prenda. Tras realizar ésta búsqueda, se ha decidido, que si no se van a integrar otros componentes como luces LED u otros sensores además de los que ya integra el core, el mejor método de integración es el propuesto por Movesense, que es una integración de nivel 2, con elementos mecánicos o físicos que sujetan el core en su posición durante todo el ejercicio asegurando las mediciones. La información se ha ampliado y detallado en el apartado 4.3.3.

2.3.3 Materiales textiles

En esta búsqueda se han analizado un total de 5 tipos de fibras textiles, en las que se han buscado diferentes características que puedan ser de interés y utilidad de cara al proyecto. Nuevamente, la información de cada tipo de fibra aquí mencionado se puede encontrar en el Anexo 3. Aquí únicamente se presenta la información más relevante, que se resume en la Tabla 3, de la cual se sacan las principales conclusiones para la conceptualización del producto.

De cara a escoger las fibras más adecuadas para el producto, se han marcado los siguientes criterios en base a la información recogida en las anteriores búsquedas de información. Los requisitos de la prenda son los siguientes:

- Debe ser una prenda ajustada al cuerpo para poder acercar al máximo los sensores al cuerpo y por tanto asegurar la precisión de las mediciones.
- Además, se debe tratar de una prenda lo más cómoda posible para la realización de diferentes deportes, por tanto no debe crear rozaduras en puntos como las axilas o el cuello.
- Debe tener una buena transpiración para no acumular sudor ni en el cuerpo ni en la prenda, por lo que es necesario que las fibras tengan una gran absorción de humedad adecuada, y que puedan transportar el sudor del interior de la prenda al exterior.

	Elasticidad	Absorción de humedad	Origen	Secado	Transpirabilidad	Comodidad	Otras características
Poliamida [30][31]	Alta	Alta/Baja	Sintético	Muy rápido	Alta	Suave al tacto, flexible y elástica	Aislante eléctrico
Poliéster [32]	Alta y buen encogimiento	Baja	Sintético	Rápido	Media	No es tan agradable como algunas fibras naturales, pero según el tratamiento y acabado que se le dé puede ser una fibra muy agradable y suave al tacto y visualmente	Puede ser 100% de material reciclado Obtención por extrusión
Elastano [33]	Muy muy alta	Baja	Sintético	Muy rápido	Alta	Al tratarse de una fibra muy elástica tiene a apretar mucho y puede llegar a ser incómoda	Obtención por extrusión
Algodón [34]	Baja	Alta	Natural	Lento	Media	Muy agradable al tacto, de aquí que se use en una gran variedad de prendas	Termoplástico
Bambú [35]	Baja	Muy alta	Natural	Lento	Alta	Muy alta, cuenta con un tacto muy agradable y suave, y no produce irritaciones en la piel	Hipoalergénico Antibacteriano Eco-friendly

(Tabla 3: Comparativa de diferentes materiales textiles)

Conclusiones

Todas las fibras aquí planteadas están presentes en muchas prendas deportivas hoy en día. Cada una aporta unas características diferentes a cada prenda. En muchas prendas se combinan las fibras para poder combinar así también las propiedades de éstas, como puede ser una combinación de poliéster y elastano.

Una de las fibras a destacar por sus buenísimas propiedades es la fibra natural de bambú, se trata de una fibra muy agradable al tacto que además cuenta con propiedades tan buenas como el ser hipoalergénica y antibacteriana, además el método de obtención tiene un impacto ambiental muy bajo ya que la obtención de las fibras del bambú es relativamente fácil. El replantado del bambú no es costoso y además, debido a su rápido crecimiento, se obtiene relativamente rápido nuevos brotes aptos para obtener nuevas fibras. Aun así, el hecho de contar con poca elasticidad y absorber mucha humedad o agua la hace menos idónea para el producto que se quiere plantear.

La segunda fibra que hay que destacar es el poliéster. Cumple con todos los requisitos planteados: es una fibra con una mínima elasticidad y flexible, con una transpiración aceptable, que absorbe poca humedad y pese a tener una velocidad de secado más baja que otras fibras, esto se puede compensar con la estructura del tejido o la propia sección de las fibras. Otro punto muy relevante es que la fibra se obtiene mediante hilatura por fusión. En este proceso de obtención, el polímero termoplástico se calienta y, una vez en la temperatura adecuada, se hace pasar a través de unos pequeños orificios que conforman las fibras con la longitud, sección y otros aspectos físicos deseados según las necesidades que se quieran cubrir. Esta característica es muy relevante ya que, determinadas formas de la sección aportan propiedades o características a la prenda, como puede ser extraer el sudor del interior de la prenda al exterior. Finalmente, se trata de un material que es posible obtenerlo a partir de fuentes 100% recicladas, teniendo así un impacto ambiental mucho menor y evitando generar tantos residuos.

Así pues, estas dos fibras se han perfilado como las dos grandes candidatas de cara a su uso en la prenda. No se ha contemplado ninguna mezcla de fibras ya que en caso de hacerlo su reciclado sería imposible y se estaría generando un impacto ambiental muy importante. En el apartado 4.3.1 se ha determinado la fibra final escogida para el producto.

2.4 Búsqueda centrada en el usuario

A continuación, a partir de información obtenida en pasos previos, se realizarán diversas búsquedas con diferentes herramientas para intentar determinar un perfil del potencial usuario del producto.

2.4.1 Mapa de empatía

Con el mapa de empatía se busca ponerse en la piel y situación de un potencial usuario del producto y entender cómo piensa, qué siente, qué gustos tienes, qué aficiones tiene y otros puntos

¿Qué piensa y siente?

Nuestro usuario se preocupa por su salud, considera que un cuerpo sano ayuda a tener una mente sana. Tiene un gran espíritu de superación y cree que cualquier esfuerzo merece una recompensa. Le preocupa un poco lo que piensen los demás y a veces se deja influenciar demasiado por opiniones de su entorno. Comparte bastantes aficiones con sus amigos. A veces piensa que debería preocuparse un poco más por los demás. Es una persona centrada, organizada y dinámica. Y que le gusta sentir que controla su vida y por tanto sus actividades y aficiones. Le gusta desconectar del trabajo con sus aficiones y especialmente con el deporte.

¿Qué escucha?

Su entorno habla de la actualidad, está bien informado y recibe opiniones muy diversas entre amigos y compañeros de trabajo. Por la parte más influyente recibe muestras de apoyo, pero también bromas sobre su 'exceso' de deporte. Está bastante conectado a las redes sociales y escucha bastantes noticias de actualidad. Le gusta aprender sobre temas de deporte y salud, para mejorar sus hábitos.

¿Qué ve?

Ve personas de su entorno totalmente contrarias a su estilo de vida pero que le complementan. Aun así, ve que otra gente también actúa y cree en los mismos principios que él o ella. En sus redes sociales y la televisión está atento a *influencers* que siguen un estilo de vida que parece idóneo, y que comparte información sobre dietas nutricionales y rutinas de deporte. Le gusta ver diferentes estilos para cuidarse. Le gusta observar el progreso de sus compañeros en aplicaciones móviles de deporte, y compartir sus experiencias con estos para contrastar rendimientos y retos. Se encuentra con gente de muchas edades, ya sea en el gimnasio o en otros entornos (entre 20 y 55 años).

¿Qué dice y hace?

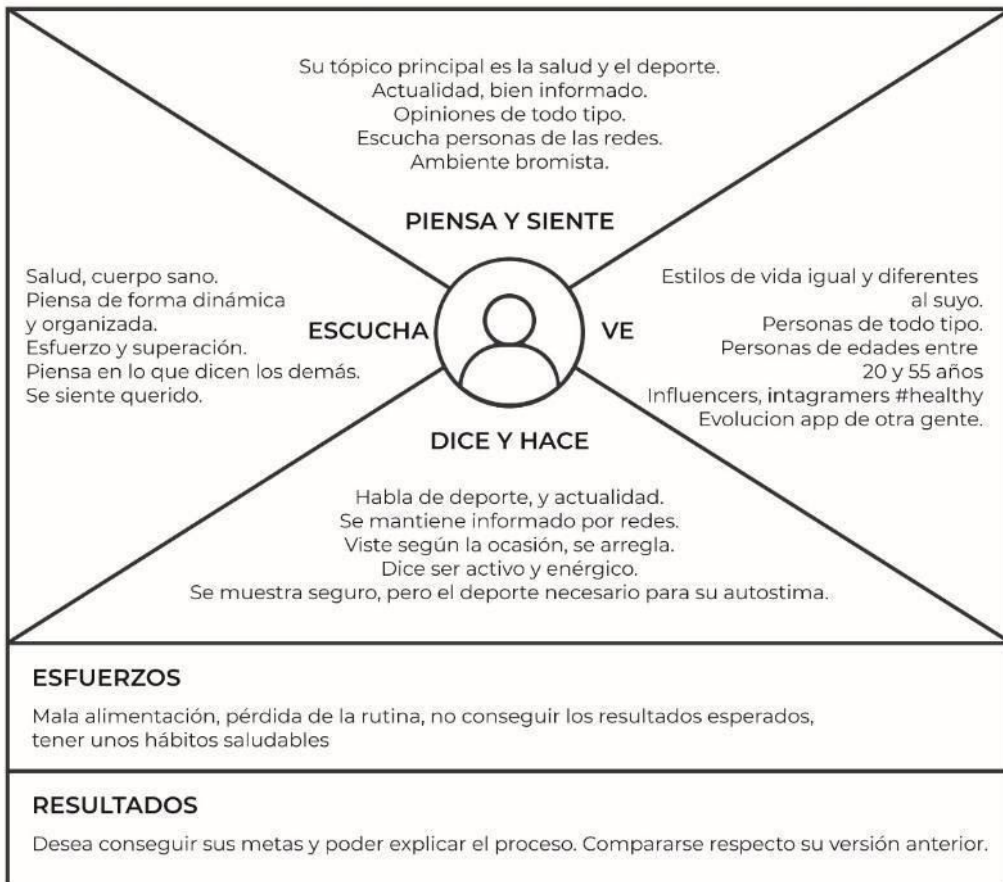
Se muestra como una persona segura de sí misma, acostumbra a valorar su estilo de ropa. Le gusta ir 'arreglado' según la ocasión. Es consumidor de ropa de marca y calidad, sobretodo en deporte. Aparenta ser una persona activa y enérgica. Quiere causar una buena impresión y ser visto como una persona que se esfuerza y que cumple sus retos.

Esfuerzos

Uno de los principales miedos de nuestro usuario es el perder la rutina y las horas de entrenamiento, porque podría significar una bajada de rendimiento. Lucha por mantener unos hábitos saludables (sobre todo en alimentación e higiene), y a veces no ve con buenos ojos según qué tipo de alimentos. La mayoría personas como él o ella no son atletas profesionales y los acontecimientos inesperados en sus vidas hacen que a lo mejor no puedan seguir el plan que tenían previsto, lo que les puede frustrar un poco, igual que no conseguir los resultados esperados.

Resultados

Su objetivo final es conseguir ver los resultados esperados, obtenidos a base de trabajo, corroborar que está habiendo una evolución y poder compararse con su versión de sí mismo/a anterior y comprobar una mejoría. Quiere poder decir que está al nivel que quería y que ha valido la pena. Necesitará contar y explicar el proceso ya que desde su punto de vista ha sido un gran resto a base de constancia.

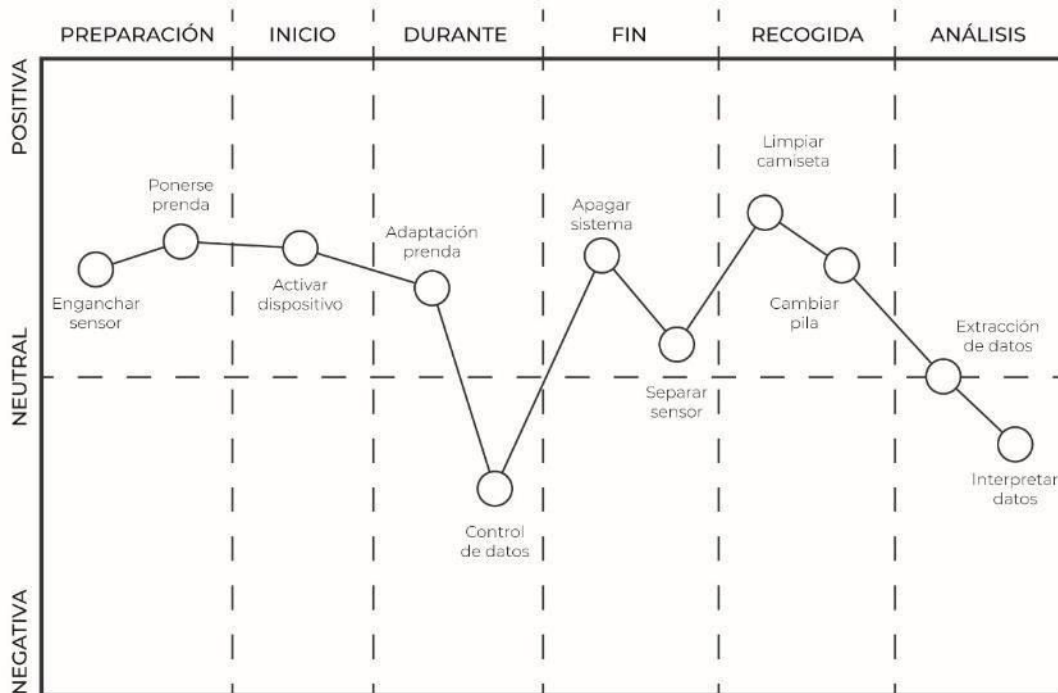


(Fig. 14 Mapa de Empatía)

2.4.2 User Journey Map

Se trata de una herramienta para plasmar gráficamente la experiencia de uso del usuario, valorando cada acción gradualmente de positivo a negativo.

Se ha dividido el proceso en “Preparación previa del material”, “Inicio de la actividad”, “Durante la actividad”, “Fin de la actividad”, “Recogida del material” y “Análisis de datos”. Dentro de cada división aparecen las acciones correspondientes al uso del producto. Cabe destacar que se ha escogido los productos encontrado en el apartado 2.2, para simular esta experiencia del usuario.



(Fig. 15 User journey)

Con el user journey map se pueden ver los puntos de la experiencia del uso del producto en los cuales el usuario puede tener una percepción positiva o negativa. Así se puede ver en qué puntos debe mejorar el producto y cuáles se deben reforzar o mantener para que sigan siendo positivos.

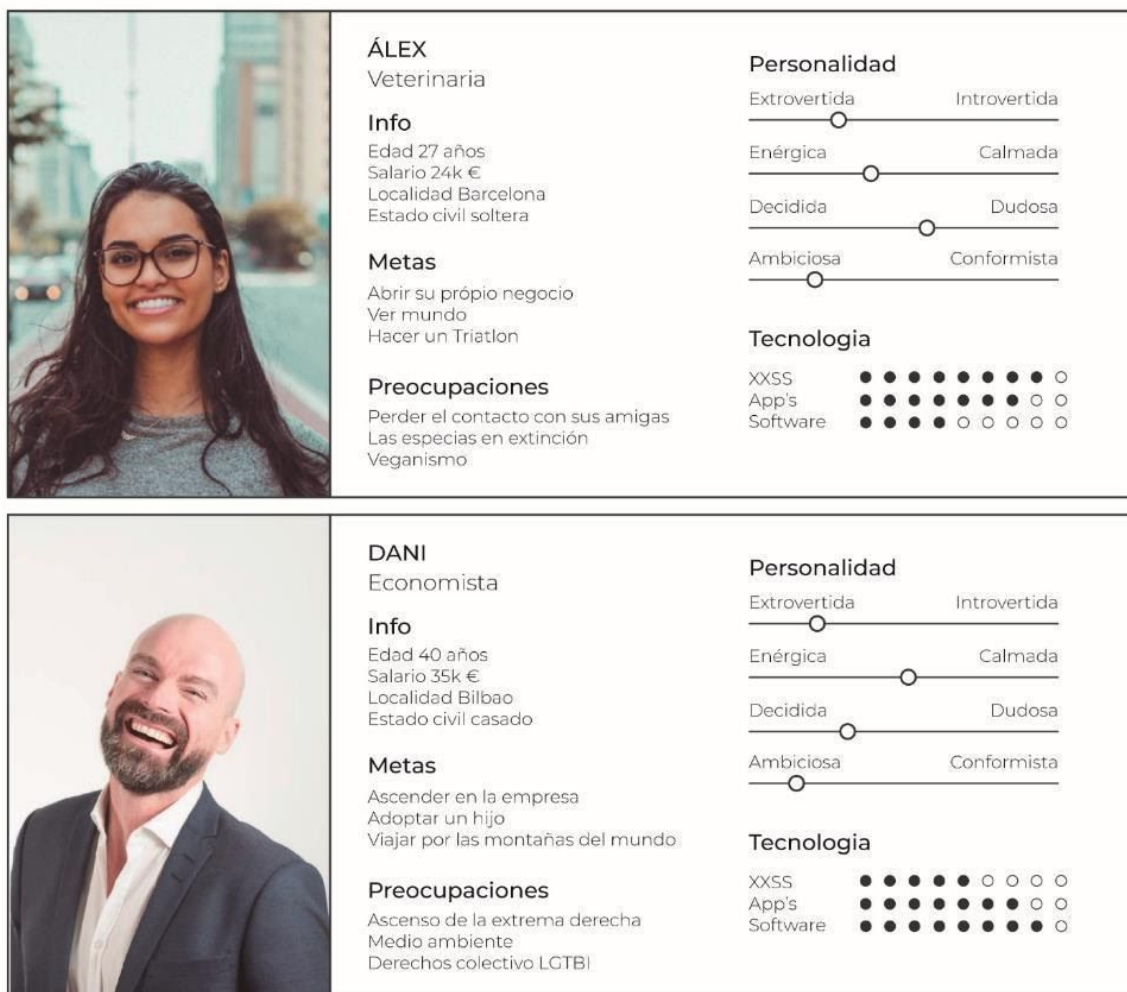
Los puntos más negativos en esta experiencia son el control de datos durante la actividad deportiva, ya que en la mayoría de productos para poder visualizar los datos en tiempo real necesitan un smartphone o similar para hacerlo, lo que genera cierta sensación de incomodidad. El otro punto más negativo en la experiencia es la interpretación de los datos. Tras haber realizado deporte y haber volcado los datos en un smartphone, tablet u ordenador, la mayoría de interfaces no son agradables visualmente o la comprensión de los datos resulta complicada. También se echa en falta en muchas de ellas una

explicación o ayuda para la interpretación de lo que se está viendo, y cómo afectan esos datos al rendimiento del usuario.

Como puntos positivos, cabe destacar la comodidad de ponerse y quitarse la prenda, ya que se trata de una actividad cotidiana, y también la facilidad de lavado, puesto que la mayoría de prendas o bien permiten quitar de una manera fácil y rápida los componentes que no se pueden lavar, o los componentes electrónicos que integran se pueden mojar y lavar sin grandes restricciones.

2.4.3 Perfil de usuario

En este apartado, en base a la información recogida en los dos puntos anteriores, se proponen dos perfiles de usuario 'tipo', personas que podrían ser clientes potenciales. Es una forma de visualizar el producto en el mercado relacionándolo con un perfil completo.



(Fig. 16 Perfil de usuario)

2.5 Conclusiones de la fase de investigación

Durante la fase de investigación, se han obtenido las siguientes conclusiones en los diferentes apartados:

Como se ha podido ver en el ejercicio de Benchmarking de la competencia, muchos de los productos y marcas encontrados están enfocados al deporte. Pero, además, muchos están enfocados más a profesionales que a amateurs, como puede verse en la Figura 4. Esto hace que tengan muchos más sensores y parametrizaciones, pero también un precio mucho más alto.

En cuanto a sensores se ha visto que a la hora de abordar el diseño de un producto se puede optar por dos rutas u opciones: la obtención de diferentes componentes necesarios para diseñar un core propio o circuito integrado en la prenda, o la utilización del producto de un tercero (como los cores de Movesense, MblentLab, IMU o XSense).

La primera opción, que es obtener diferentes componentes electrónicos por separado, con la finalidad de integrarlos en la prenda o acabar ensamblando un core propio. A pesar de dar más personalización en el diseño de los componentes necesarios para la prenda, su distribución e interacción y por tanto en el diseño del producto en sí, resulta mucho más compleja que la segunda ruta. La complejidad viene por los problemas que presenta una solución así si el producto debe ser fabricado repetidas veces de manera industrial, ya que puede resultar difícil repetir o replicar el producto de manera precisa, presentando variaciones en las tolerancias o disposición de los componentes en la prenda. Por lo que acabar distribuyendo los sensores en una prenda fina, es decir, que no es como una chaqueta que cuenta con muchas capas y puede tener diferentes bolsillos donde poner según qué componentes, tal vez no es la mejor manera para conseguir un producto cómodo y fácil de usar, y pueden llegar a comprometer la viabilidad del producto. Además, como se ha dicho previamente en el apartado 2.3, esto requiere grandes conocimientos de electrónica y queda fuera del alcance del proyecto, por lo que se ha acabado descartando esta opción.

Por otra parte, la segunda opción, que es utilizar cores con sensores ya integrados e integrar éstos permite centrarse más en el diseño del resto del producto, como es la prenda, la posición del core en ésta, la aplicación y otros aspectos. Con esta opción se evita la necesidad de diseñar un hardware y la disposición y adaptación de los diferentes componentes a éste, y se asegura que el producto escogido (el core) cumpla con unas dimensiones y estructura del hardware se adapte adecuadamente al producto final planteado. Además, puesto que casi todos los productos aquí encontrados cuentan con un software abierto, permiten una gran personalización del tratamiento de los datos recolectados, sus funciones (dentro de sus capacidades) y por tanto las aplicaciones desde las cuales se pueden visualizar los datos. En cambio, en cuanto a sensores y componentes electrónicos, están limitados a lo que ya incorporan, por lo que en

ese aspecto está más limitado el diseño de esta parte del producto. Aun así, los cores de terceros demuestran la viabilidad de proyectos similares a este, son muy accesibles, muy polivalentes y de software abierto, ideales para prendas o complementos para el deporte.

Por lo que a la integración de componentes electrónicos respecta, y como ya se ha adelantado en el apartado 2.3.2, pese a haber encontrado diferentes métodos de integración, se ha acabado optando por la opción que ofrece Movesense, que es un conector force-fit o remache que se integra sobre el tejido y asegura una correcta sujeción del core durante la realización del deporte. Esta es una unión tipo mecánica, y se puede ver con más detalle en el apartado 4.3.3. Los conectores hembra se encuentran integrados en la prenda, a éstos se les acopla mediante presión la parte macho del conector que se encuentra en la cara posterior del core. Éste quedará acoplado a la prenda y quedará sujeto hasta que se aplique fuerza de nuevo para desacoplarlo. Por lo que la propuesta de integración se puede categorizar como nivel de integración 2.

En la búsqueda de materiales para la prenda se han encontrado varias fibras que se podrían utilizar en un producto para el deporte, todas ellas presentan unas características propias y diferentes a las demás, siendo tanto sintéticas como naturales. Además, estas fibras se pueden combinar entre sí para sumar propiedades y virtudes.

Al tratarse de una camiseta deportiva, se han priorizado los siguientes aspectos: la elasticidad y flexibilidad de la prenda para asegurar la cercanía de la prenda al cuerpo y recuperar la forma en el caso de estirarse o deformarse, la transpirabilidad y retención de humedad, la comodidad, y el posible impacto ambiental que pueda tener, teniendo en cuenta factores como por ejemplo si el material se puede obtener de fuentes recicladas o reutilizadas.

Se ha podido definir un perfil del usuario objetivo de nuestro producto. Se trata de una persona que realiza deporte de una manera concienzuda y con el objetivo de mantener un estilo de vida saludable, que le gusta ponerse retos y cumplirlos. Además, es un usuario que se gasta una cierta cantidad de dinero al año en accesorios para el deporte, pero sin llegar a hacer las inversiones que podría llegar a hacer un atleta o deportista profesional, y tampoco compra productos muy específicos y técnicos ya que están fuera de su alcance y metas a nivel deportivo.

De las conclusiones parciales extraídas en los diferentes puntos de la fase de investigación, es posible definir algunos condicionantes para la conceptualización de la propuesta:

- Target de usuario: deportistas amateurs con metas u objetivos de rendimiento deportivo
- Tipo de prenda: camiseta de manga corta, ajustada al cuerpo y con una buena transpiración, y lavable pese los componentes electrónicos.

- Componentes electrónicos: sensores integrados en un core, fácil de acoplar y desacoplar al no poder meterse en la lavadora. Sensor de ritmo cardíaco y acelerómetro son imprescindibles. Integración propuesta por el fabricante.
- Fibras textiles: que ayuden a cumplir los objetivos o requisitos de la prenda y dentro de lo posible con un bajo impacto ambiental.

3. Fase de conceptualización del producto

En esta fase, a partir de la información recolectada en la fase de búsqueda y sus conclusiones, se ha conceptualizado el diseño del producto y se ha realizado una propuesta formal y funcional del producto.

3.1 Propuesta de valor

En este apartado se definen la propuesta de producto, el target y el valor añadido de la propuesta.

El producto

El objetivo es diseñar un *Smart Sport Textile*, es decir una prenda de deporte inteligente. ¿Por qué inteligente? Porque esta va a contar con sensores biométricos que medirán diferentes parámetros y se obtendrán datos de relevancia para el usuario. Estos datos son los más solicitados por los usuarios y deportistas: el ritmo cardíaco, el ritmo medio (distancia/tiempo), calorías quemadas, distancia total recorrida y otros más.

En el caso de este proyecto, los sensores van a estar integrados en un core, y este va a unirse a la prenda mediante unos conectores que veremos más adelante. Así pues, durante la actividad, este core va a estar en funcionamiento y realizando las mediciones oportunas sin que el usuario tenga que interactuar con éste, para el usuario será como llevar una camiseta de deporte convencional. Bien durante o tras la actividad física, se podrán revisar los datos bien a tiempo real o el resumen de éstos tras el ejercicio con un smartphone, tablet u ordenador. Los datos de la actividad realizada se podrán visualizar mediante una aplicación. Se pretende que el uso de la aplicación sea muy ameno para el usuario, y que los datos sean de fácil comprensión e interpretación, ayudando a entender al usuario cómo está siendo su rendimiento acorde a los datos. Una vez finalizada la actividad física, el core se puede apagar y guardar, y la prenda se puede meter en la lavadora sin problema alguno. Una vez limpia ya vuelve a estar a punto para su uso de nuevo.

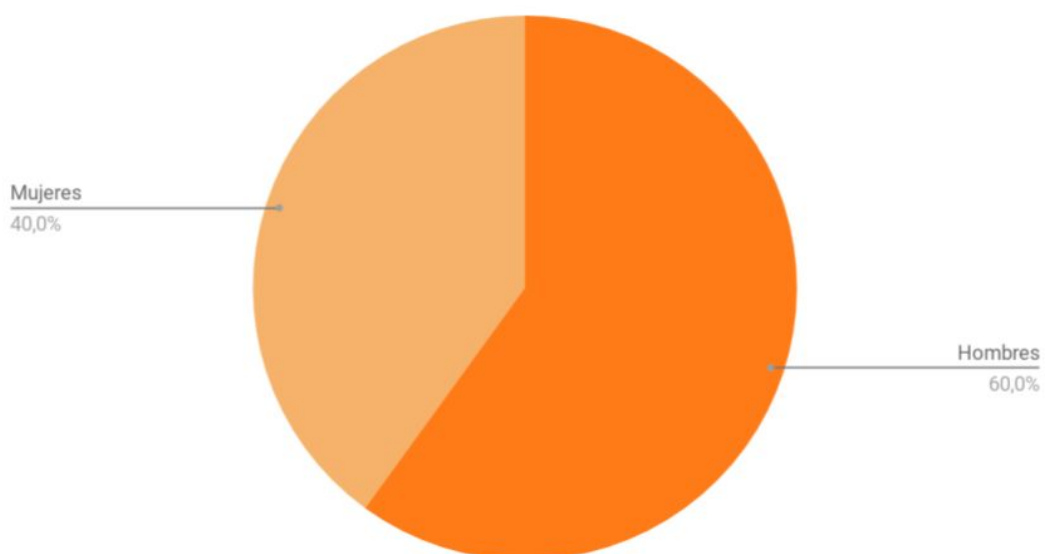
Se pretende que sea un producto muy fácil de utilizar, muy poco intrusivo durante la realización del deporte y que luego ofrezca los datos más precisos posibles y de la manera más clara y cómoda para el usuario.

El usuario

¿A quién va dirigido este producto? Como se ha podido ver en la búsqueda centrada en el usuario, este producto va enfocado a deportistas amateurs o casuales a los que les gusta tener un control de su evolución y mejora, aunque también puede ser de mucha utilidad para deportistas más profesionales. El deporte más practicado es el running, pero el producto también se puede utilizar en muchos otros deportes como el ciclismo, actividad en el gimnasio, y otros más. El rango de edades es bastante amplio así como la gente que suele practicar este tipo de deportes, sobretodo visto de una manera amateur y como parte de un estilo de vida saludable. El poder adquisitivo es más irregular que los campos mencionados, muchas veces va ligado a la edad y contexto social. El target escogido tiene un mínimo poder adquisitivo para poder comprarse complementos para el deporte, que pueden ser unas zapatillas deportivas para hacer running, o ropa para ciclismo, o guantes para el gimnasio. Así pues, invierte una cierta cantidad de dinero al año a su afición que es el deporte, y por tanto, mientras el precio del producto sea moderado, se podrá permitir este producto.

A partir de los gráficos a continuación, se puede obtener un poco más de información respecto sobre la cultura del deporte en España, mercado de referencia en el que se han basado puntos del proyecto [36]:

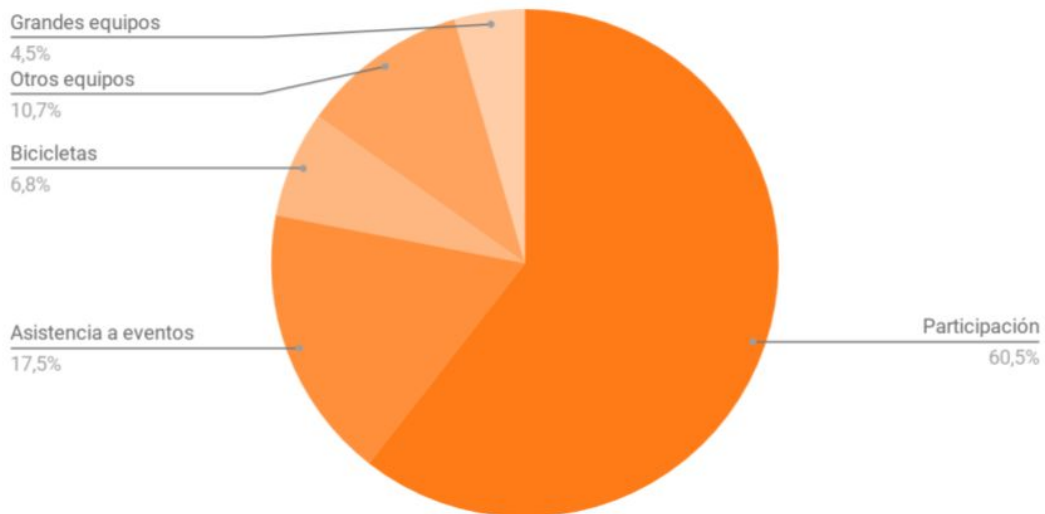
Hombres y mujeres



(Fig. 17 Gráfico del porcentaje de hombres y mujeres encuestados que realizan deporte)
(Muestra de 12.000 personas) [36]

En la Fig. 17 se puede observar un mayor número de hombres que de mujeres que realizan deporte. Puede ser un dato a tener en cuenta para ciertos aspectos, pero en nuestro caso habrá prenda para mujeres y para hombres.

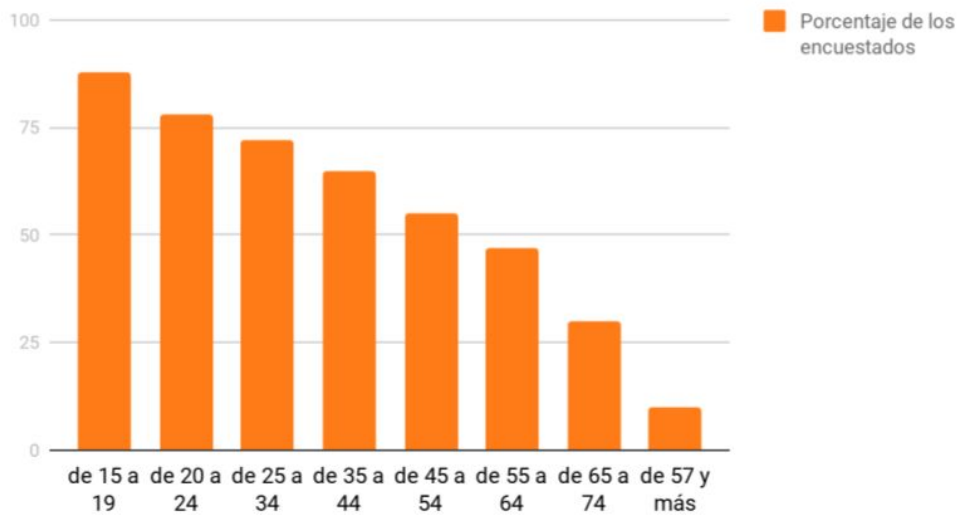
Gasto de los hogares vinculado al deporte por tipo de bienes y servicios (Total 4.924,9 M €)



(Fig.18 Gráfico del gasto de los hogares vinculado al deporte por tipo de bienes y servicios) [36]

En la Fig. 18 se puede ver el gran gasto vinculado al deporte que se lleva al cabo del año por los españoles. El gran porcentaje del gasto abarca las actividades y eventos que se realizan relacionados con el deporte como sesiones de entrenamientos, carreras... El siguiente gran porcentaje es el de otros equipos, un 10,7%, aquí es donde vendría a incluirse nuestro producto. Por lo que se puede deducir que hay un gran mercado que está dispuesto a gastarse dinero en equipo y complementos para el deporte. Además, en el documento del cual se ha obtenido esta información se reflejan datos de cómo tanto la actividad de hacer deporte como el dinero que se gasta vinculado al deporte crece cada año.

Porcentaje de gente encuestada que realiza deporte por franja de edades (12.000 personas encuestadas)



(Fig. 19 Gráfico del porcentaje de gente encuestada que realiza deporte por franjas de edades)[36]

En la figura 19 se puede ver el porcentaje de gente que realiza deporte por franjas de edades de las 12.000 persona encuestadas. Como era de esperar, los más jóvenes son los que más deporte realizan, y este porcentaje decrece según aumenta la edad. El producto que se va a diseñar no tiene una barrera de edad, pero al tener un factor tecnológico tiene también una cierta curva de aprendizaje que se acentúa más también con la edad. Así pues, pese a no delimitar la edad, sin mucha duda la gente que más comprará este producto o similares es gente joven o ya algo más adulta con un cierto poder adquisitivo sin tratarse de un producto muy caro.

¿Cuál es el factor diferenciador en este proyecto?

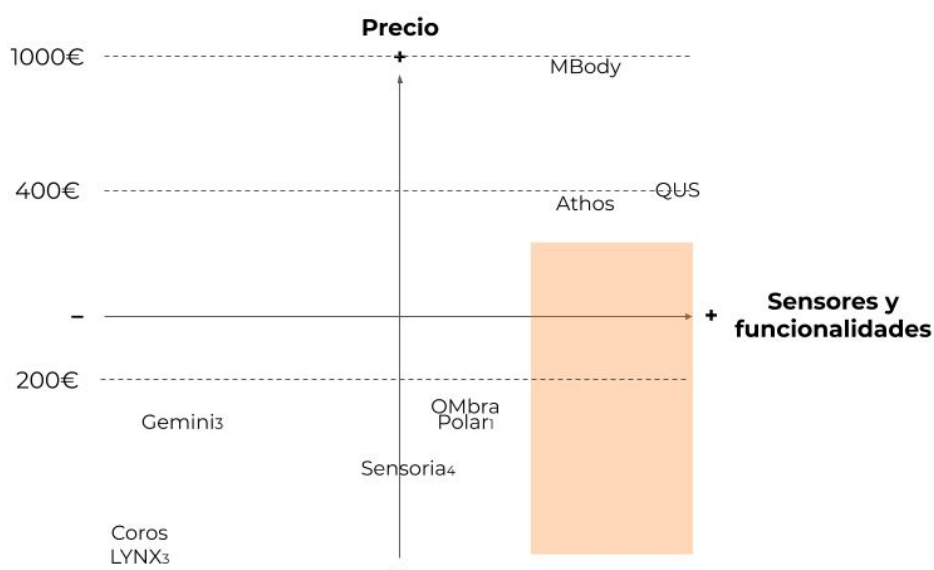
El mercado actual está dominado por los wearables mencionados en la fase de investigación, si algún usuario quiere parametrizar su actividad recurre a estos. Pero estos wearables suelen tener una baja precisión en mediciones como el ritmo cardíaco. Además, muchas veces requieren de otros complementos a parte del reloj o pulsera, como cintas de pulso cardíaco o la utilización de sensores del smartphone al que está conectado.

En cambio el producto propuesto aquí es una prenda en lugar de los wearables ya mencionados, un mercado menos explorado y con menos presencia, en el cual se quiere irrumpir. El producto propuesto no requiere ningún complemento para llevar a cabo las mediciones, las cuales son más precisas que las integradas en un reloj o pulsera y se sitúan en una parte del cuerpo más cercana al corazón (para las mediciones del ritmo cardíaco) y con menos movimiento que interfiera con éstas, como sí sucede en la muñeca la cual está en más movimiento. El producto propuesto, pese a la necesidad de activarlo

desde un dispositivo móvil, durante la actividad deportiva no se requiere el uso de éste a no ser que se quiera visualizar los datos en tiempo real o modificar algún ajuste, aun así cabe destacar que la mayoría de gente suele llevar el móvil encima igualmente para otras funciones como la música o para estar comunicado.

Como también se ha podido ver también en la fase de búsqueda, existen productos similares en el mercado. En el caso de QUS, Athos, OMbra y Sensoria ofrecen camisetas con cores que integran sensores (menos OMbra que es un sujetador deportivo). Aun así, los dos primeros están enfocados a un perfil de usuario más profesional por lo que además del core integran otros sensores a lo largo de la prenda con diferentes objetivos, como la captación de movimientos, y el precio es mucho mayor a los dos restantes y al producto que se quiere plantear aquí. En el caso de OMbra y Sensoria, el primero ya no se encuentra a la venta, y pese a ofrecer algunas funciones similares incorpora menos sensores que el core de Movesense y solo existe en forma de sujetador deportivo. Sensoria por otra parte, ofrece una camiseta pero solo con sensor de ritmo cardíaco y para contar con más datos se requiere la compra de los pantalones y/o calcetines de la misma marca, por lo que la camiseta en sí no ofrece mucha información al usuario pese a tener un precio similar al del OMbra (Los datos se pueden ver en el apartado 2.3). Por lo que el producto aquí propuesto busca ofrecer un producto en el rango de precios de OMbra y Sensoria, pero ofreciendo más funcionalidades y un producto más completo teniendo en cuenta también la prenda y la app, enfocado a un público amateur y no tan profesional como el de Athos y QUS.

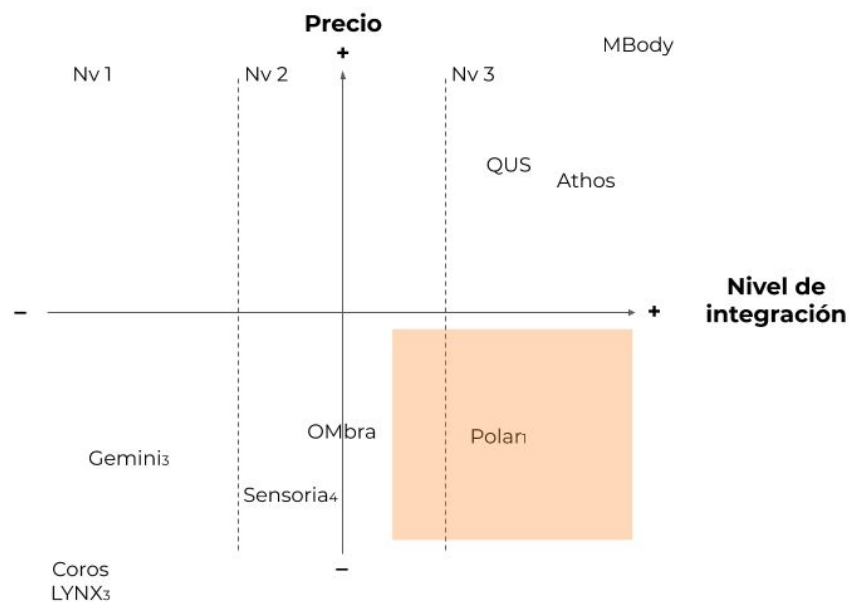
En las Fig. 20 y 21 se han marcado, a partir de las figuras ya presentadas en el apartado de Benchmarking 2.2, las zonas que corresponden a posibles oportunidades en el mercado. En este caso solo se han reflejados los productos que están dentro del ámbito deportivo y que pueden llegar a ser parte de la competencia o son competencia directa, es decir no solo camisetas similares sino también otros productos de otras categorías.



(Fig. 20 Gráfica Oportunidad de mercado (Precio/Sensores y funcionalidades)

- 1) Polar produce wearables enfocados al deporte y cuenta con una gran gama de productos y precios.
- 3) Gemini y Coros LYNX son productos enfocados al deporte con sensores pero no son prendas.
- 4) Sensoria cuenta con varias prendas, en este caso se ha tenido en cuenta el precio de la camiseta.

En la Fig. 61 se ha querido recordar las franjas de precio de los productos reflejados aquí. Como se puede ver, los productos con más sensores y funcionalidades cuentan con un precio mucho mayor que el resto. En la franja por debajo a los 200€ podemos encontrar OMbra y Sensoria, dos prendas que cuentan con un core con diferentes sensores y funcionalidades, además de los relojes de Polar, las deportivas Gemini y el casco de bicicleta Coros LYNX. Los dos últimos podemos obviarlos ya que no son del todo competencia directa, por el tipo de producto y las mediciones que ofrecen. En el caso de Polar hay que recordar de nuevo que Polar cuenta con una amplia gama de productos con diferentes precios y funcionalidades, por lo que está situada de manera orientativa en la gráfica. La zona marcada en color naranja es una zona en la que se halla el nicho de mercado. Aun así, hay que matizar que a mayores sensores y funcionalidades (y nivel de integración) mayor coste y precio final, por lo que la esquina inferior derecha es un poco utópica con las tecnologías y medios actuales. Así pues, las zonas más factibles son ofrecer un número algo mayor de funcionalidades y/o sensores al mismo precio que OMbra y algunos productos de Polar (la prenda de Sensoria solo cuenta con sensor de ritmo cardíaco), o bien subir algo el precio del producto final e integrar bastantes más funcionalidades/sensores que OMbra e intentar crear un nivel medio antes de llegar al territorio de Athos y QUS.



(Fig. 21 Gráfica Oportunidad de mercado Precio/Nivel de integración)

- 1) Polar produce wearables enfocados al deporte y cuenta con una gran gama de productos y precios.
- 3) Gemini y Coros LYNX son productos enfocados al deporte con sensores pero no son prendas.
- 4) Sensoria cuenta con varias prendas, en este caso se ha tenido en cuenta el precio de la camiseta.

En la Fig. 21, se puede ver de nuevo la relación positiva del precio con el nivel de integración, a mayor nivel de integración mayor precio. Muchos productos se sitúan en posiciones similares a las de la gráfica anterior. De nuevo hay que comentar que Polar cuenta con muchos productos y cada uno cuenta con funciones y sensores diferentes, con diferentes niveles de integración y precios, se ha puesto aquí porque todos los componentes suelen quedar integrados en el mismo reloj, a excepción de los de gamas bajas que el sensor de ritmo cardíaco va por separado en una cinta que se sitúa alrededor del pecho. La zona marcada en naranja marca de nuevo, lo que pueden llegar a ser pequeños nichos y oportunidades de mercado. Como en el caso anterior, la zona inferior derecha es difícil que se dé con las tecnologías y métodos actuales. Sin embargo, la zona alrededor de OMbra y donde está situado orientativamente polar son zonas más realistas y que pueden llegar a ser explotadas.

3.2 Requerimientos del proyecto

A partir de las conclusiones de la fase de investigación se ha detallado los siguientes elementos o requerimientos mínimos o de más relevancia para el producto:

- Target de usuario: deportistas amateurs con metas u objetivos de rendimiento deportivo.
- Tipo de prenda: camiseta de manga corta, ajustada al cuerpo y con una buena transpiración, y lavable pese los componentes electrónicos.
- Componentes electrónicos: sensores integrados en un core, fácil de acoplar y desacoplar al no poder meterse en la lavadora. Sensor de ritmo cardíaco y acelerómetro son imprescindibles. Integración propuesta por el fabricante.
- Fibras textiles: que ayuden a cumplir los objetivos o requisitos de la prenda y dentro de lo posible con un bajo impacto ambiental.
- Contar con un precio competitivo y que pueda ocupar los nichos de mercado planteados en el apartado anterior, 3.1.

Además, de cara a obtener más ideas para la propuesta, se definen nuevos puntos y posibles elementos del producto:

Respecto a la prenda, puesto que es una prenda para hacer deporte, ésta:

- Debe ser cómoda y ligera para su uso en diferentes deportes.
- Debe ser transpirable, sobre todo en las zonas donde va a ir situado el core, puesto que el sudor puede interferir en las mediciones del ritmo cardíaco y además crear zonas de rozadura e irritación en la piel.
- Debe incorporar el sensor de ritmo cardíaco en una zona lo más próxima posible del corazón, muy próximo al cuerpo y sin estar sujeto a movimientos bruscos, a golpes ni al rozamiento.

Respecto a la tecnología de sensores, hay ciertos datos que ofrecen la gran mayoría de productos similares a tener en cuenta, y que ofrece el core de Movesense seleccionado. Estos son:

- La medición del ritmo cardíaco, tanto ritmo medio durante la actividad, como máximos y mínimos. Cabe destacar que el rango de máximos y mínimos varían según la edad y el género, por lo que debe poder establecerse o introducirse estos datos para que el dispositivo de información acorde con lo que es normal según edad y género.
- El ritmo o velocidad durante el ejercicio. En deportes como el running y el ciclismo se busca saber el ritmo al que se ha ido, es decir la distancia partido el tiempo. Este es, seguramente, de los pocos datos que le interesa saber al usuario mientras realiza deporte, ya que puede ir ajustando el

ritmo al momento en lugar de verlo solo después del deporte. Es tal vez uno de los datos más importantes para poder medir la mejoría del usuario a lo largo del tiempo. Este puede ser calculado mediante un acelerómetro y giroscopio o un localizador GPS.

- Sensores que podrían ser de utilidad pero que no se consideran prioritarios son los siguientes:
 - a) Sensor de captación de movimiento. Según el deporte puede ser de utilidad para mejorar movimientos, como en el salto de pértiga, saltos en baloncesto, disparos en el fútbol y muchos más, y otros usos como la recuperación muscular tras una lesión. Algunos productos más enfocados a deportistas de élite o profesionales los integran para poder considerar cualquier detalle a la hora de entrenar.
 - b) Sensores de impacto. En deportes de contacto como el fútbol americano, el rugby o las artes marciales se reciben muchos impactos. El control de éstos puede ayudar a detectar las zonas más afectadas o a detectar puntos débiles del usuario. También son útiles para detectar caídas, elemento que puede usarse para gente mayor que vive sola.
 - c) Elementos como un micrófono y un altavoz, o elementos lumínicos pueden ayudar al usuario a interactuar con el sensor o la app a la que están conectados. Un altavoz puede ayudar al usuario a conocer ciertos datos durante el deporte, elemento que sería ideal en este tipo de productos, porque como ya se ha mencionado, no cuenta con una pantalla en tiempo de real para poder ir mirando los datos. Para activar ciertas funciones o pedir estos datos se podría hacer uso de un altavoz que respondiese a ciertos comandos y respondiese a ellos.

Respecto a la prenda

Es un elemento que muchas veces está descuidado pero que al final proporciona una parte muy importante de la experiencia del usuario. Es importante que la aplicación muestre de manera agradable y fácil de entender los datos recolectados. Puede además contener elementos como recordatorios para mantenerse en forma, avisos de exceso de ejercicio y por tanto riesgo de lesión, recomendaciones para una dieta saludable y adecuada para el tipo de deporte que se realiza. El desarrollo del software de la aplicación queda fuera del alcance del proyecto, pero en base al código que se pueda obtener de los componentes electrónicos o cores, se va a realizar una propuesta visual de diferentes funciones que puede integrar la aplicación, así como la interfaz.

3.3 Dinámicas creativas

Con el objetivo de llegar a una propuesta de diseño final, se han llevado cabo algunas dinámicas creativas para recoger ideas de cara a obtener diferentes propuestas primero, de entre las cuales saldrá la final.

Brainstorming

Con esta dinámica, muy utilizada en muchos proyectos diferentes, se pretende realizar una lluvia de ideas para poder tener después una bolsa de posibles propuestas.

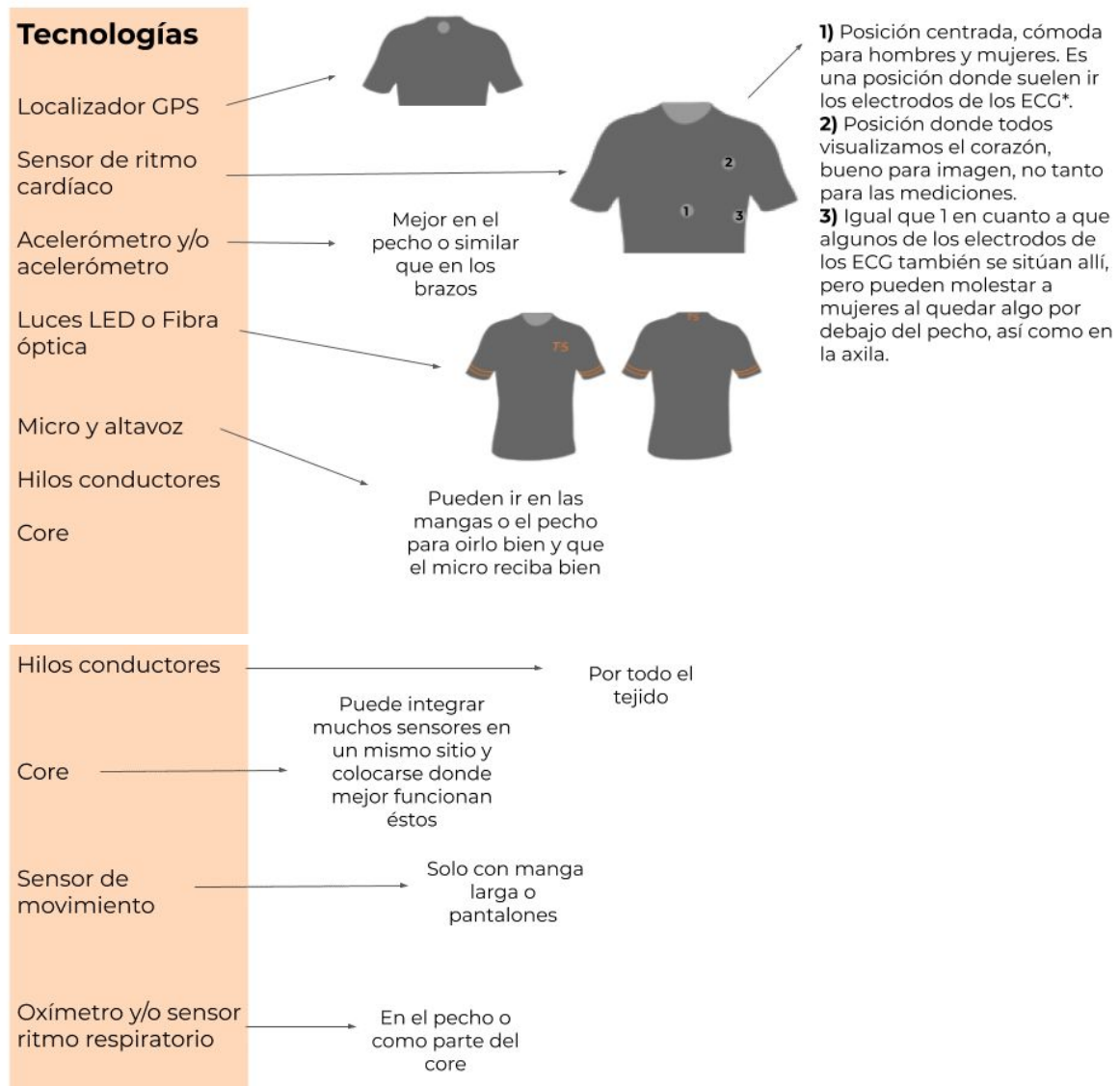


(Fig. 22 Brainstorming)

En el Brainstorming se han centrado las ideas al tipo de prenda que podía ser, y posibles atributos de esta como las zonas más transpirables o posibles bolsillos.

Recopilación de posibles tecnologías a utilizar

La Fig. 23 resume las posibles tecnologías que se podrían aplicar al producto y sus posibles posiciones en la prenda



(Fig. 23 Ideas tecnologías)

* Puesto que la mayoría de sensores de ritmo cardíaco son pequeños electrocardiógrafos, se ha tenido en cuenta la posición de los electrodos en una prueba de electrocardiograma normal.

En la tabla 4 se han presentado problemáticas en productos y situaciones relacionadas con nuestro producto, y posibles oportunidades que se podrían explotar.

Problemáticas	Oportunidades
Los Smart Textiles aún están en fase de aceptación en el mercado	Posibilidad de hacer una prenda a partir de material reciclado y fácil de reciclar
Gran presencia en el mercado de los wearables actuales con grandes marcas	Falta de precisión de muchos de los wearables actuales
Necesidad de lavar la prenda en caso de querer volver a usar el producto	Aplicaciones de la mayoría de la competencia son poco inmersivas o de difícil interpretación de los datos
	Gran comodidad del producto al tratarse de una prenda
	Actual crecimiento en el número de gente que practica deporte y quiere llevar un control de éste y se marca ciertos objetivos o retos

(Tabla 4: Problemáticas y oportunidades)

3.4 Formalización del producto

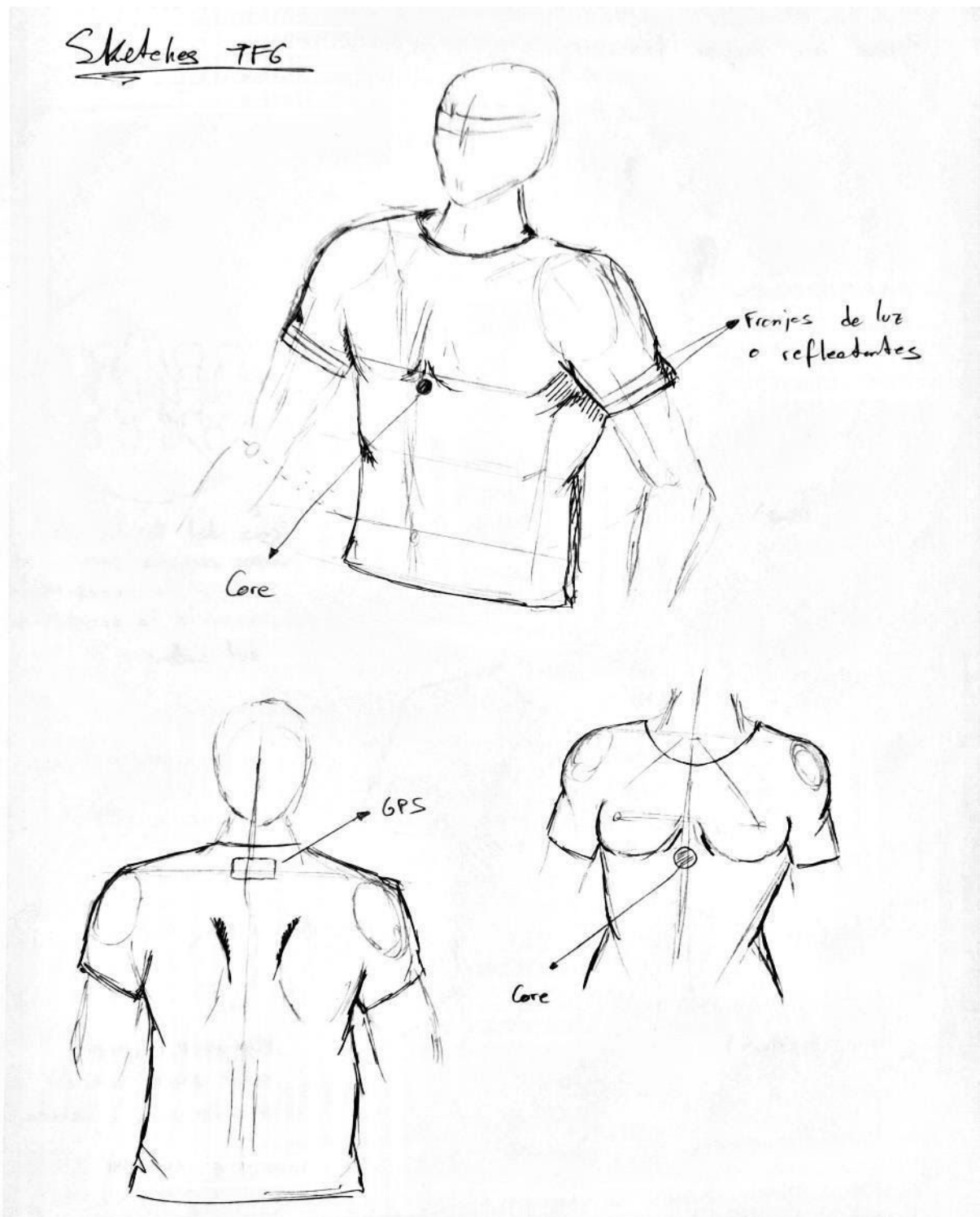
De cara a formalizar ideas y realizar propuestas de diseño, se han realizado diferentes acciones o actividades presentes en este apartado. El producto se puede dividir en tres partes o elementos: la prenda, el sensor y la app. Ésto se ha tenido en cuenta y se ha procurado analizar u ofrecer ideas e información relevante para la propuesta.

Sketches

Se han realizado a partir de algunas de las ideas recogidas con las dinámicas creativas y ya intentando acotar conceptos y propuestas de cara a una propuesta final.

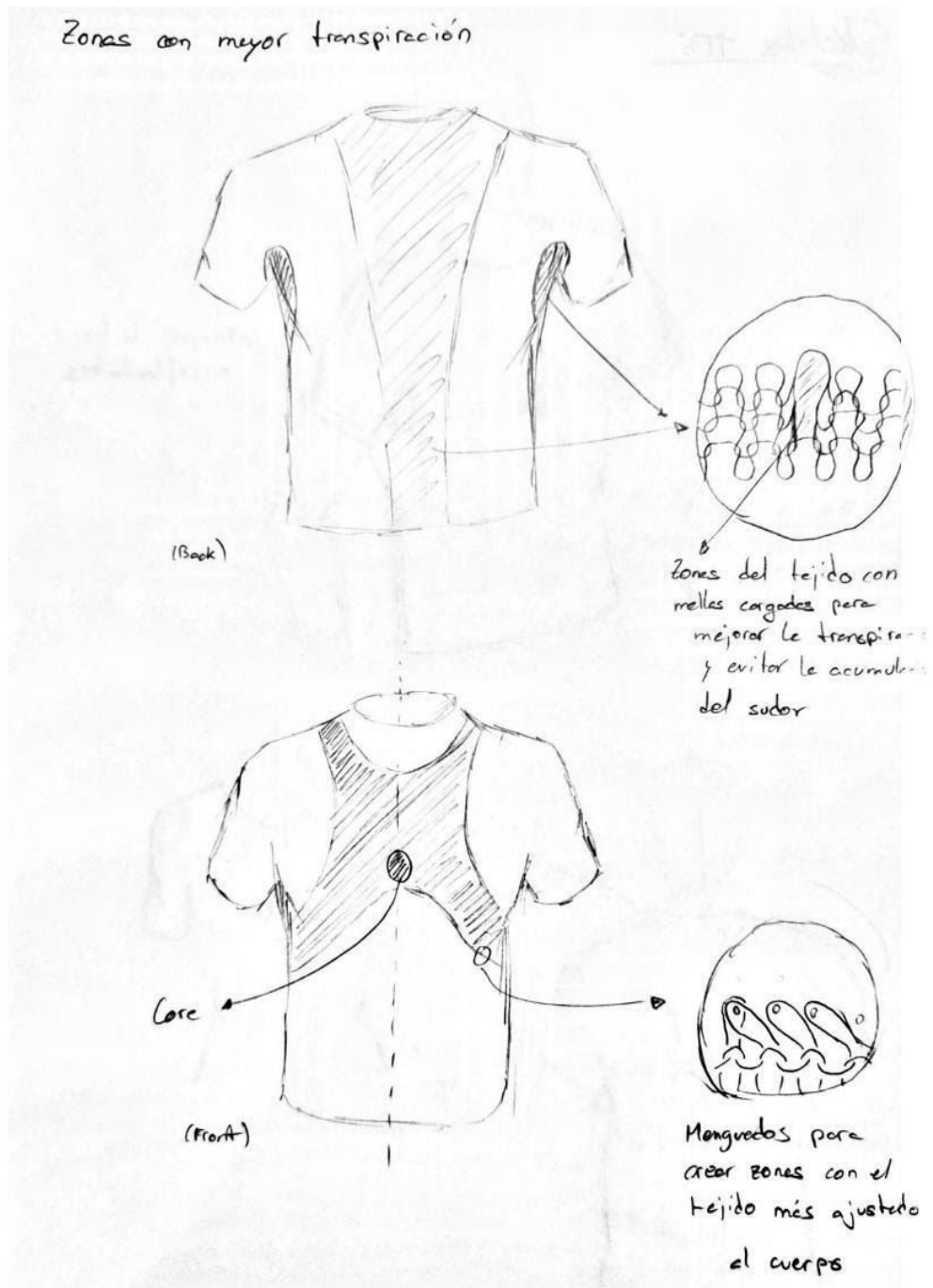
Esto son esbozos de la posible prenda tanto masculina como femenina, con los componentes que se han considerado más adecuados para el proyecto. Se puede decir que formalmente ya se parecen mucho a lo que será la propuesta final. Los elementos escogidos son un core con diferentes sensores, entre los cuales está el sensor de ritmo cardíaco y por tanto se ha situado en el centro del pecho, la que se ha considerado la mejor posición de las tres presentadas en el apartado anterior. La segunda tecnología escogida es un localizador GPS para

poder guardar el recorrido efectuado por el usuario mientras corre o va en bici. Por último, se han puesto unas bandas en la manga para hacer de elemento de luz por la noche, se ha sopesado utilizar luces LED o bandas reflectantes, la segunda opción es una solución sin necesidad de integrar ni cables o hilos conductores ni una batería o pila para alimentar las luces LED.



(Fig 24 Sketches 1)

En la figura 25 se ha querido reflejar ideas respecto a posibles estructuras de la malla de tejido de punto. En el primer dibujo se plasma zonas con la malla cargada para crear así zonas con calados (agujeros algo mayores al resto de la malla) y obtener así una mejor transpiración. En el segundo dibujo se puede apreciar zonas del tejido que cuentan con menguados y aumentos con la intención de reducir o aumentar, respectivamente, la densidad de mallas en una pasada para compactar más la prenda donde nos interesa, haciéndola más apretada al cuerpo y por tanto acercando el core también a la piel.



(Fig. 25 Sketches 2)

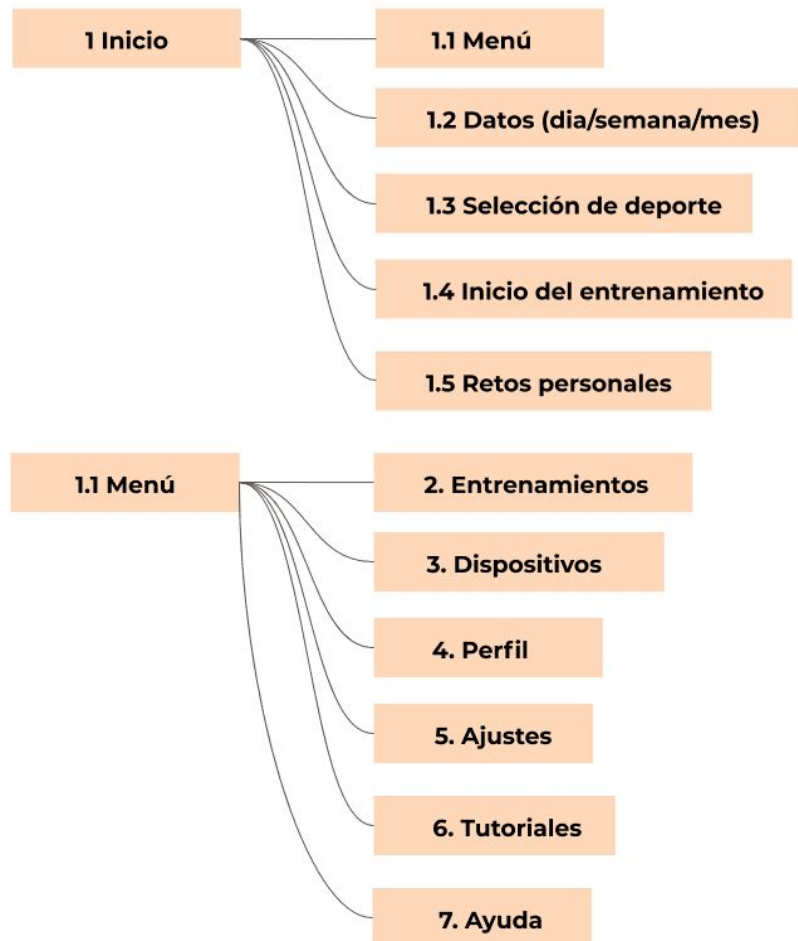
En la tabla 5 se recogen, resumidas, las ideas planteadas el punto 4.3. En este caso se ha detallado de manera muy general las funciones de los componentes, su posible posición en la prenda y su integración en el tejido.

Componente	Integración	Posición	Función
Sensor de ritmo cardíaco	Core o tejido	Cerca del corazón	Se trata de un pequeño ECG (Electrocardiograma) por lo que capta la actividad eléctrica del corazón
Acelerómetro	Core o tejido	Cualquier posición del tronco superior, ya que puede medir el movimiento del cuerpo y no ser interferido por el del brazo, que se mueve más	Capta el movimiento mediante el cambio de posición según los tres ejes x, y, z, por lo que puede calcular lo mucho o poco que se mueve el cuerpo y sacar cálculos como intensidad del ejercicio, calorías quemadas o energía consumida
Giroscopio	Core	Similar al acelerómetro	En este caso detecta las rotaciones en los ejes, en combinación con el acelerómetro da más precisión a las mediciones mencionadas
Sensor de captación de movimiento	Tejido	Depende de qué parte del cuerpo se quiera obtener información de los movimientos que ésta realiza	Recoge los movimientos de ciertas partes del cuerpo, puede ser de utilidad para corregir posturas o movimientos en casos concretos
Localizador GPS	Core o tejido	Cualquier posición del tronco superior	Localiza la posición del usuario durante la actividad deportiva y proporciona la ruta seguida en caso de ejercicios como el running o el ciclismo
Luces LED	Tejido	Espalda o mangas	Luces para servir de alerta visual a los demás en la noche o circunstancias de poca visibilidad
Micrófono	Core o tejido	Cerca de la boca, en partes como el cuello o el pecho	Recoger comandos por voz y emitir datos durante el ejercicio
Vibración	Core o tejido	Partes con la sensibilidad suficiente para notar las vibraciones	Vibrar para dar ciertas notificaciones al usuario
Core	En tejido mediante conectores	Depende de los sensores que integre se deberá encontrar un lugar óptimo para todas las mediciones y funciones	Integrar la mayoría de componentes electrónicos en un mismo lugar

(Tabla 5: Listado de posibles elementos electrónicos)

Propuesta de elementos de la aplicación

A continuación, se proponen los elementos de la aplicación que se consideran indispensables, en la propuesta final se va presentar un ejemplo de interfaz de manera gráfica. Como se puede ver, contará con siete pantallas principales, en cada una habrá una información y funciones distintas.



(Fig.26 interacciones pantallas app)

3.5 Propuesta de diseño

En este apartado se presenta las elecciones finales de los diferentes elementos del producto, la prenda y la tecnología utilizada (de la app se ha realizado una propuesta gráfica que se puede encontrar en el apartado 4.4). Finalmente se ha realizado una propuesta visual de los elementos del producto.

La prenda

Se ha realizado una tabla comparativa de las fortalezas, debilidades y oportunidades de cada una de las prendas, a partir de la información aquí reflejada se ha optado por una prenda u otra de cara a la propuesta final.

Tipo de prenda	Fortalezas	Debilidades	Oportunidades
Manga larga 	Superficie muy grande para poder integrar más componentes como sensores, luces e hilos conductores.	Al ser de manga larga solo se puede utilizar en climas fríos, por lo que su uso es muy limitado. También es más cara al tener más material.	Muy pocos productos de la competencia tienen camisetas de manga larga, por lo que ofrecer un modelo así puede tener muchas ventajas respecto a la competencia. Puede tener más salida en países fríos.
Manga corta 	Menor superficie que la de manga larga, pero aún cuenta con mucho tejido sobre el que colocar componentes. Se puede utilizar durante todo el año. Es la más versátil de las aquí planteadas.	Si el clima es muy frío el usuario optará por otra prenda o bien se pondrá otra encima que podría interferir con algún sensor o incomodar al usuario. La captación de movimientos de los brazos queda más limitada.	Es el tipo de prenda con más salida y aceptación en el mercado. Además pese a no ser de manga larga, se pueden integrar la gran mayoría de sensores y otros componentes presentados en el proyecto.
Camiseta de tirantes 	Similar a la de manga corta en superficie. Es aún más fresca que las anteriores, ideal para un clima muy caluroso. Al no tener mangas es más cómoda que las anteriores prendas.	Estéticamente tiene un público más reducido. Al no contar con mangas se pierden ciertas funcionalidades como la captación de movimiento del brazo o similares.	Es una prenda que permite más movilidad de los brazos, puede ser ideal para usuarios que van al gimnasio y realizan ejercicios como levantamiento de peso o similares.
Top corto 	Se trata de la prenda más pequeña y fresca, aún así, aún puede integrar los sensores más destacados, como el sensor de ritmo cardíaco y el acelerómetro. Puede tratarse de una prenda muy ajustada al cuerpo.	Superficie muy limitada y por tanto también el número de sensores que se pueden integrar. Es una prenda que poca gente suele llevar sin nada más encima, sobre todo los hombres.	Algunos deportistas de élite llevan prendas similares debajo de las camisetas para poder parametrizar un mínimo de datos, en situaciones como partidos o competiciones y entrenos. Por ejemplo los jugadores del Barça llevan algo similar.

(Tabla 6: Análisis de las fortalezas, debilidades y oportunidades según el tipo de prenda)

Al final se ha escogido realizar la propuesta final con la **camiseta de manga corta**. Se trata de la prenda más común para realizar deporte y con más salida en el mercado. Es la prenda más versátil que se puede llevar en la mayoría de deportes. Además, se puede llevar tanto en verano como en invierno, al menos teniendo como referencia el clima de España, que es bastante cálido todo el año en comparación a otros países más al norte. Además, pese a que no cuenta con tanta superficie como la de manga larga, puede integrar un gran número de sensores y componentes. Tanto hombres como mujeres llevan este tipo de prenda.

Por lo que a la prenda respecta, se ha decidido que ésta cuente con una estructura compleja, con ciertas zonas del tejido diferentes. Para ello se ha utilizado una estructura de punto o malla, ya que proporciona una cierta elasticidad de las fibras, ideal para la realización del deporte y permite crear zonas con efectos como los menguados y aumentos, y calados, propuestos en la prenda, además de otros efectos. Además su proceso de tisaje, de la que se habla en el apartado 4.3.2, permite crear una prenda sin costuras en las mangas ni en los laterales del tronco: toda la prenda sale tejida de una sola pieza, con todas las estructuras planteadas, a falta de realizar los acabados y de integrar el conector.

Estas zonas del tejido diferentes se dividen en dos: zona de calados (obtenidos con malla cargada) para una mejor transpiración y menor acumulación de sudor evitando posibles irritaciones o incomodidades al usuario y mejorando la experiencia; zona con menguados para reducir la densidad de mallas en una pasada y seguida de aumentos para recuperar la densidad del resto de la prenda, y así ajustarla más al cuerpo asegurando la cercanía de la zona al cuerpo sin crear incomodidades al usuario pero asegurando la sujeción y proximidad del core.

La tecnología

Como se ha avanzado en el apartado 2.3.1, tras establecer unos criterios de selección se ha optado por utilizar el core de Movesense. Estos requisitos implican disponer de los sensores indispensables (ritmo cardíaco y acelerómetro), capacidad de integración en una prenda, conectividad, dimensiones, capacidad de personalización y precio.

El core de Movesense, del que se puede ver información complementaria en el Anexo 2, es el core que mejor ha cumplido los requisitos establecidos. Es el core que más sensores integra, además es el único que cuenta con un sensor de ritmo cardíaco. Cuenta con conectividad Bluetooth, es decir pueden conectarse con un dispositivo que tenga una app para poder ver los datos recogidos por los cores. Este core cuesta 38,50 € más gastos de envío e impuestos. Cuenta con un software abierto para que los desarrolladores personalicen la app según los requisitos que se tengan y se le dé la estética de la marca. Este software abierto también permite programar los sensores del core y los datos que se obtienen de éstos, dando más versatilidad aún al producto. De la que se ha realizado una propuesta en el apartado 4.2. Cuenta con unas medidas muy adecuadas, $\varnothing 36,6$ mm x 10,6 mm, siendo un componente fino y pequeño que no molesta al realizar la actividad deportiva. En el apartado 4.3.4 se han detallado más aspectos del core y parte del código de éste.



(Fig. 27 Conceptos e ideas finales)

4. Fase de desarrollo del producto

Una vez hecha la propuesta de diseño, hay que detallar los aspectos técnicos del producto. El producto se puede dividir en tres partes principales: 1) la prenda base, 2) los componentes electrónicos, y 3) la app.

Para la prenda se van a detallar las fibras utilizadas, la estructura del tejido y los métodos de integración de los componentes electrónicos.

De los componentes electrónicos se va dar la información del core, de los componentes que integra, su uso, conectividad y, si se requiere de nuevo, la integración de éste en la prenda.

Respecto a la app, se propondrá su diseño y se va a relacionar la información que proporciona el sensor con algunas de las pantallas diseñadas.

4.1 Solución técnica

El objetivo del proyecto es estudiar qué elementos se requieren para la parametrización de datos biométricos y su integración en una prenda. La prenda consiste en una camiseta de poliéster 100% reciclado, que se detalla en el punto 5.3.1. Cuenta con una estructura de malla o punto para que la prenda pueda tener un mínimo juego y flexibilidad mientras se realiza deporte y al ponerse y quitarse la prenda. Como se ha explicado en la propuesta de diseño, mediante menguados se va a reducir la densidad de la malla en ciertas zonas de la prenda para que esta se comprima más en ciertos puntos, y posteriormente se va a realizar los aumentos necesarios para volver a la densidad de la malla del resto de la prenda. Por otro lado, en otras zonas de la prenda la malla estará cargada para crear zonas donde los poros de la malla sean mayores y por tanto haya una mejor transpiración y menor acumulación de sudor y calor. Todo esto también se detallará en el punto 5.3.1.

Para conseguir la parametrización biométrica, se ha escogido el core de Movesense en base a los requerimientos y necesidades que se habían planteado. Éste envía los datos a una app propia para la visualización de éstos. La integración del core se realizará mediante uno de los conectores que proporciona la misma marca. Ofrece dos opciones la Smart y la Basic, ambas opciones son viables y adecuadas, pero se ha optado por la Basic al no requerir que se agujeree la prenda y por tanto pueda deshilarse o desgarrarse tras muchos usos. Para utilizar el core, el usuario lo encenderá antes de realizar deporte, lo conectará a la app desde donde podrá iniciar la actividad, acoplará el core a presión en el conector de la prenda y ya estará listo para realizar deporte. Una vez acabado el deporte, desacoplará el core y lo desconectará a la aplicación donde además se podrá ver toda la información recolectada.

La aplicación será capaz de recolectar, almacenar y tratar todos los datos recolectados por el core. Algunas de las líneas de código más relevantes del core se presentarán en la explicación de las tecnologías utilizadas en el punto 5.3.4. Los datos de más relevancia que se van a parametrizar y mostrar son:

- La duración de la actividad.
- El ritmo cardíaco, tanto ritmo medio como máximos y mínimos.
- Las calorías quemadas.
- El ritmo, es decir tiempo por distancia (min/km), de nuevo, tanto el ritmo medio durante el entreno como el ritmo máximo y mínimo.
- La cadencia, es decir el número de pasos/pedaleadas/brazadas por minuto.

Con estos datos se realizarán gráficas para poder ver la evolución de las mediciones durante el ejercicio, así como comparativas entre gráficas y datos para poder ver, por ejemplo, a qué ritmo se iba cuando el ritmo cardíaco era máximo o situaciones similares. La aplicación también contará con propuestas de rutinas según los ejercicios realizadas y su rendimiento, o bien el usuario podrá introducir una meta u objetivo a cumplir y la aplicación le ayudará a cumplir o mantener esos objetivos.

4.2 Propuesta formal

A continuación se presentan algunas imágenes del producto y del core. Ante las dificultades con los programas de modelado, sólo se han podido realizar renderizados del core. Además, se han realizado unos planos con las cotas generales de la prenda y una tabla de tallas. También se ha realizado planos para el posicionamiento del core en la prenda, los conectores y otros elementos de la integración. Estos planos se pueden encontrar en el documento complementario DRAWINGS. Se ha llevado a cabo una propuesta de las diferentes pantallas de la app y su interfaz.

Para tener una idea de las dimensiones, en la tabla 7 se presentan las dimensiones generales según las tallas, siendo la medida A el ancho de la caja torácica, y B la altura desde el cuello hasta la base de la camiseta:

Talla	A (mm)	B (mm)
S	500	660
M	530	690
L	550	700
XL	580	720

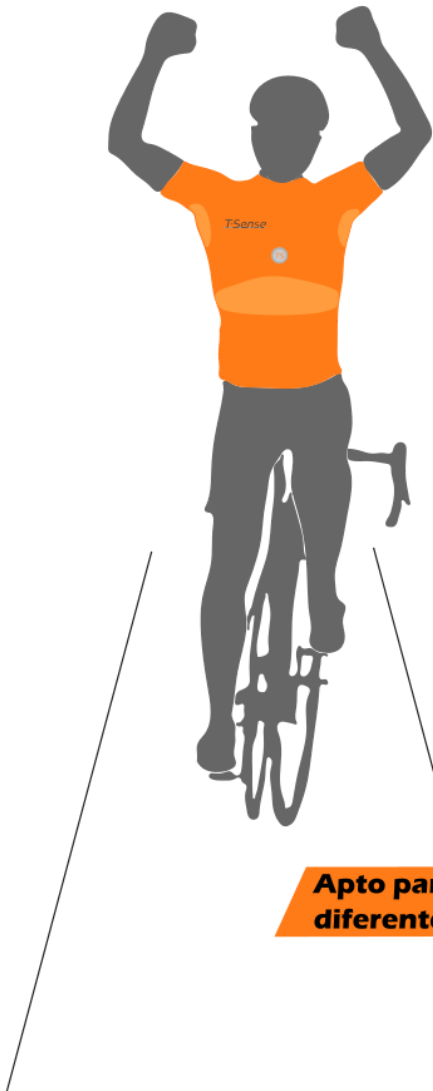
(Tabla 7: Tallas y medidas generales de la prenda)

T-Sense

Core Movesense HR+

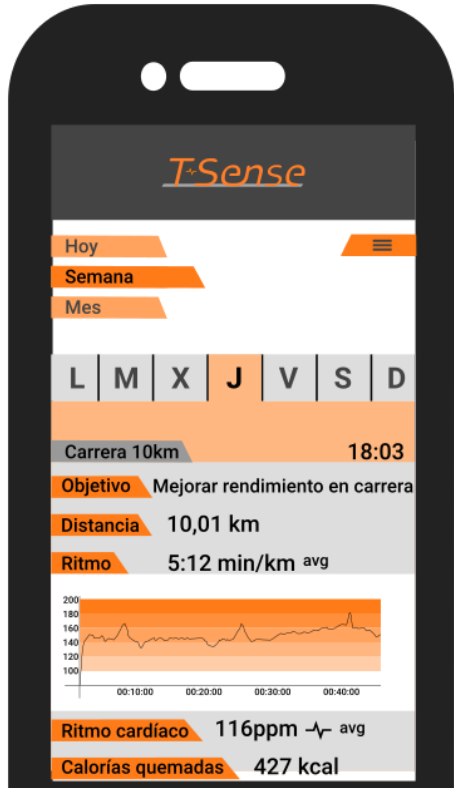
- Sensor de ritmo cardíaco
- Acelerómetro
- Giroscopio

Tejido ajustado, cómodo y con gran transpirabilidad



Apto para diferentes deportes

Conectividad con la App mediante Bluetooth



(Fig. 28 Propuesta final)

A continuación se encuentran las figuras con los renderizados del core de Movesense con el logo de T-Sense, ya que Movesense permite tal personalización.

Hay que destacar que no se ha podido obtener los detalles de los componentes interiores, pero que con imágenes de referencia y medidas generales se ha realizado este modelo 3D y se ha hecho un explosionado de las piezas que el usuario podrá desensamblar para poner y sustituir la pila de Litio CR2025, quitando primero los electrodos tipo snap y la tapa de plástico.

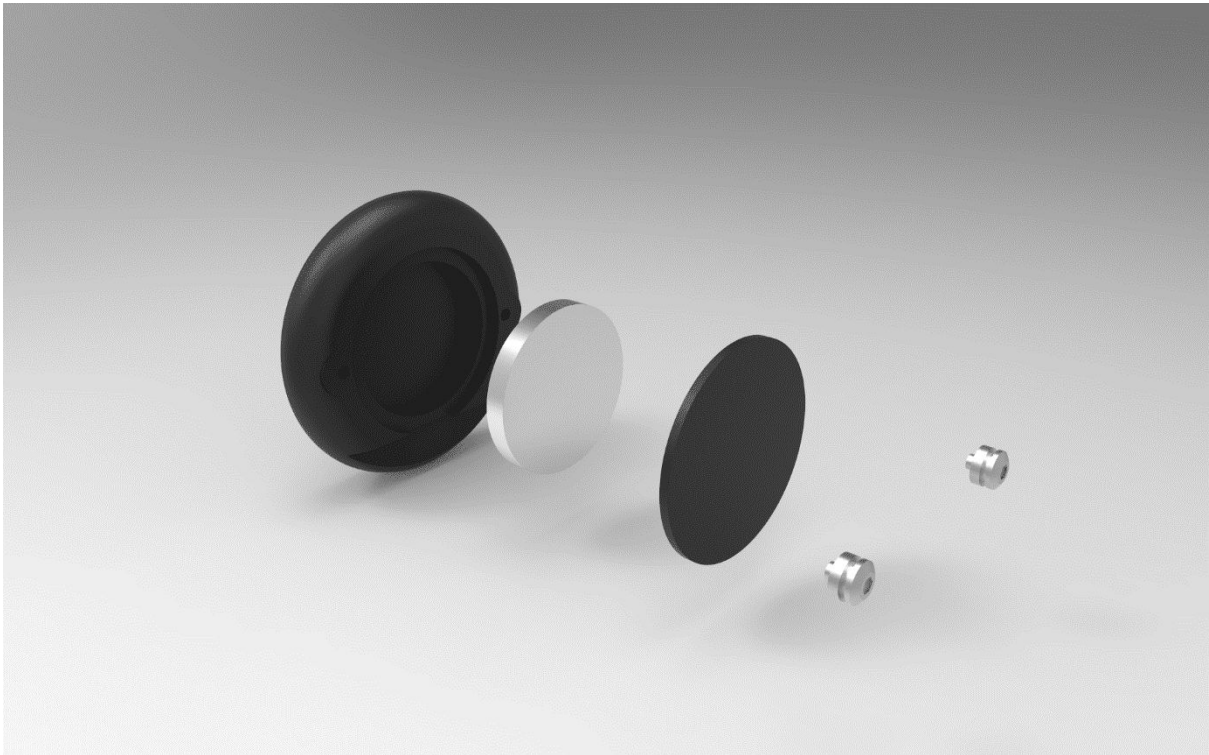


Fig. 29 Explosionado del core de Movesense)



(Fig. 30 vista isométrica del core Movesense con el logo de T-Sense)

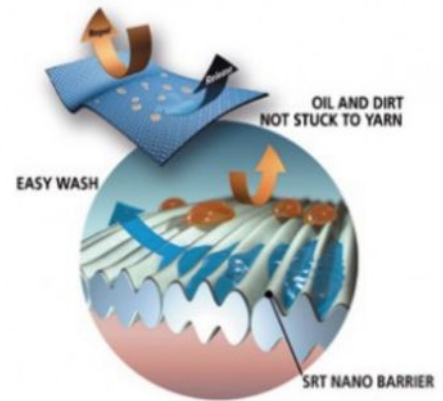
4.3 Definición técnica de componentes

4.3.1 Selección de materiales y diseño de la prenda

Para el diseño de la prenda, se ha realizado una selección entre las fibras presentadas en el apartado 3.4.3. Aunque todas ellas presentan requisitos adecuados para la aplicación, destacan la fibra de bambú y el poliéster. Finalmente, por la menor disponibilidad en el mercado de la fibra de bambú y las muy buenas propiedades del poliéster, que además puede provenir de material 100% reciclado y puede reciclarse en su totalidad al final de la vida útil de la prenda, se ha acabado escogiendo el poliéster como el material para la camiseta.

Considerando criterios de ecodiseño, resulta interesante que el poliéster provenga de material reciclado para reducir el impacto ambiental de la camiseta. Por ello, se ha buscado fabricantes que produzcan fibras o tejidos a partir de material similar, y por tanto corroborar la viabilidad de esta elección. Así pues, la fibra que se quiere usar para el tejido de la prenda será muy similar a la que se oferta dentro de la gama de tejidos Coolmax Eco Made [37], de CP Aluart, un fabricante local [37]. Se trata de una fibra hecha en un alto porcentaje de PET reciclado que proviene de botellas post-consumo.

Dentro de la gama Coolmax Ecomade, está la subgama Coolmax Eco Made Fresh. Éstas incorporan la tecnología Coolmax Pro Fresh [38] una tecnología que ayuda a la transpiración. Los tejidos con esta fibra proporcionan confort y frescura en climas calurosos. La principal propiedad es su sección de las fibras con canales que transportan el sudor y mantienen la prenda totalmente seca. Este comportamiento de la fibra es ideal para la prenda, ya que como se ha dicho, es importante que no se acumule sudor en las zonas donde queremos una buena lectura de los sensores, además del confort del usuario, puesto que la prenda no se empapará ni creará incomodidades, en una prenda ya muy ajustada al cuerpo. Otros factores añadidos son que las Coolmax)[39]



(Fig. 31 perfil fibras

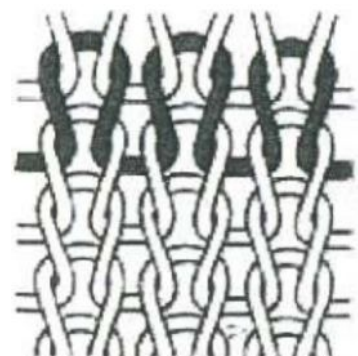
fibras Coolmax vienen con la incorporación de iones de plata, que actúa como antibacteriano de efecto permanente evitando así el mal olor del sudor. Debido a la sección de la fibra desvía los rayos del sol que inciden en la prenda al exterior, por lo que se consigue una protección a los rayos UV.



(Fig. 32 Propiedades de la fibra Coolmax Eco Made Fresh)[40]

Estructura de la prenda

Para la prenda busca una estructura que tenga un mínimo de elasticidad no solo para que sea fácil de quitar y poner y de usar, si no para que también se arrope al cuerpo lo suficiente para que acerque el core y los conectores al cuerpo sin llegar a ser incómoda. Así pues, más allá de que la fibra cuenta con una cierta elasticidad, la estructura del tejido también debe serlo, y por tanto en este caso, como en la mayoría de prendas deportivas, se usará una estructura de punto. Esta estructura, como se puede ver en la figura 33, permite que el tejido se estire ya que los hilos están en forma de bucle en el estado de relajación [41].

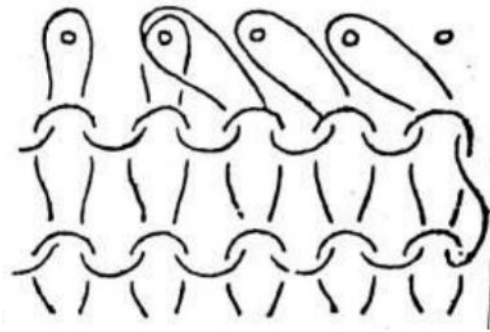


(Fig. 33 Estructura de malla)[41]

El core va situado en el centro del esternón, puesto que es el punto con mejor lectura de los impulsos eléctricos que emite el corazón al latir, justificación que se dará en el punto 5.3.4. Las fibras de PET ya ofrecen una cierta flexibilidad y cuentan con algo de elasticidad; elasticidad que además también ofrece, en cierta medida, la propia estructura de malla. Pero para que el sensor esté lo más cerca del cuerpo posible, y que la lectura de estos impulsos eléctricos no se vea afectada por elementos externos y por tanto sea precisa, se ha recurrido a crear una zona de la prenda de mayor ajuste. Para ello, se plantea una prenda sin costuras y cuya forma se entalla en algunas zonas mediante menguados (Fig. 35) y aumentos, que lo que consiguen es reducir o aumentar, respectivamente, la cantidad de mallas en una pasada, en las zonas marcadas en las figura 34, formando una especie de arnés en la zona donde interesa que la prenda se ajuste bien al cuerpo [42].



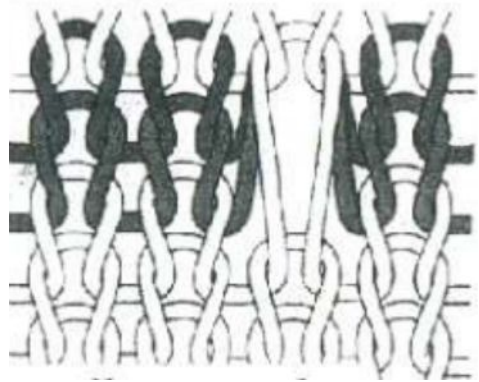
(Fig. 33 Zona con menguados y aumentos)



(Fig. 34 Mengüados)[42]

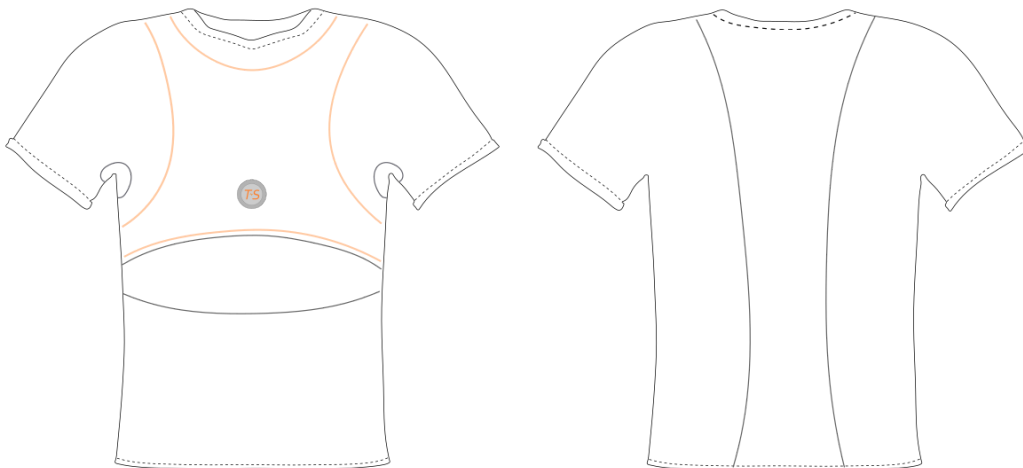
Así pues, con la combinación de las fibras escogidas, la estructura de punto, y unas medidas adecuadas, la prenda puede ajustarse al cuerpo de manera cómoda, por lo que las mediciones del ritmo cardíaco, movimiento y rotaciones del cuerpo serán muy precisas y agradables.

El otro elemento importante en el diseño de la prenda, que ya hemos comentado en puntos anteriores, son las zonas con más transpiración. Aunque las fibras con una sección como la que ofrece la tecnología Coolmax [38] ya aseguran una buena transpiración, se ha querido garantizar la mayor transpiración posible incluso en un clima caluroso como el de España. Las zonas que más sudan de nuestro cuerpo son las palmas de las manos, los pies y la frente [43]. Aun así, cuando realizamos deporte todo el cuerpo suda, y si no transpiramos de manera adecuada, se acumula el sudor y se condensa en ciertas partes. En el caso del tronco superior las zonas con peor transpiración son las axilas, la parte inferior de pecho y parte central de la espalda. De hecho, llevar una prenda con buena transpiración, nos puede llevar a sudar menos de lo normal, o más bien ayuda a que éste no se condense y se acumule en la zona con una mejor transpiración. [44] Así pues, la estructura del tejido propuesto, como puede verse en la figura 37, cuenta con zonas de calados, realizados mediante malla cargada (figura 36). Es decir,



(Fig. 36 malla cargada)[42]

que esas zonas cuentan con “agujeros” en el tejido que ayudan a transpirar mejor.



(Fig. 37 Frente y espalda de la zona de mayor transpiración zona delimitada en gris)

4.3.2 Procesos industriales

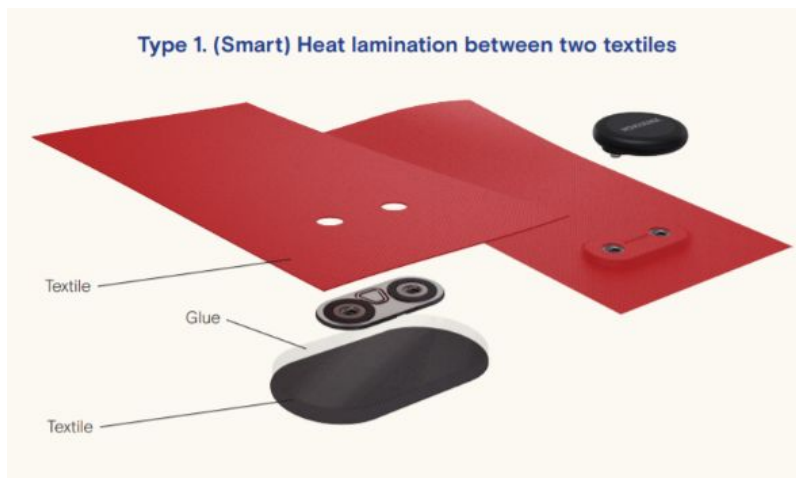
Para producir la camiseta planteada en los apartados anteriores, se va a utilizar un tisaje en tricotosa rectilínea para prenda integral. Con este proceso se pueden tejer las prendas de una pieza, es decir, a partir de las bobinas de las fibras de poliéster, se obtiene la prenda con la estructura de malla detallada en el apartado anterior, sin necesidad de coser diferentes piezas de tejido, ni realizar cortes. Una vez obtenida la pieza ésta está lista para su lavado, para limpiar la prenda y eliminar cualquier residuo dejado por el aceite de lubricación en las agujas de la tricotosa, que haya podido coger durante el proceso de tejeduría. Tras esto se debe integrar el conector que proporciona Movesense (el método de integración se detalla en apartado 4.3.3). Finalmente se plancha y dobla la prenda, lista para su empaquetado y distribución.

Las tricotosas, tejen las prendas a partir del diseño introducido. Las agujas cogen el hilo y hacen las pasadas necesarias según el diseño de la malla. En el caso de la tricotosa rectilínea, la disposición de las agujas permite tejer prendas directamente y por tanto producir tejidos muy complejos sin la necesidad de coser diferentes tejidos ni hacer recortes. Con éste método la prenda que hemos planteado no tendrá costuras ni en los laterales ni en las mangas, proporcionando así aún más comodidad. Además los recursos planteados previamente no se verán afectados por las costuras y conseguirán el efecto deseado [45]. La empresa Shima Seiki [46] ofrece una gama de tricotosas como la que se plantea aquí, dentro del concepto que ellos denominan Wholegarment[47]. Como se ha explicado, este tipo de tricotosa es capaz de tejer prendas enteras sin necesidad de costuras ni cortes entre piezas. Además, según asegura Shima Seiki, con este método se puede ahorrar material y no desperdiciarlo ya que solo se utiliza el material necesario. Este tipo de tecnología ofrece muchas soluciones formales, estéticas y funcionales a las prendas, que de cara a futuros proyectos o iteraciones de este producto pueden tenerse en cuenta.

Otra opción para tejer la prenda puede ser el uso de las tricotosas circulares, puesto que estas podrían tejer la prenda en tres piezas, las dos mangas y la parte del tronco, evitando así la costura lateral pero no la de las mangas [48].

4.3.3 Uniones y ensamblajes

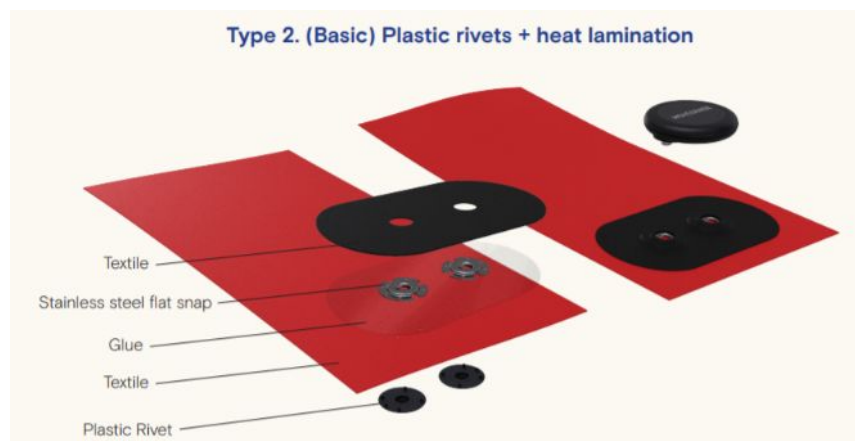
Como se ha dicho en el punto 5.1 la marca Movesense [14] ofrece conectores para su core. Cuenta con la opción Smart y la Basic. El conector Smart, como se puede ver en la figura 38, sitúa el conector entre dos capas de tejido, junto con una capa de cola entre la capa más cercana a la piel y el conector, y se adhiere mediante la aplicación de calor. Previamente, se le deben haber realizado dos agujeros a la prenda para que el core se pueda acoplar al conector. El conector Smart, además de ser una monopieza, cuenta con un chip ID para que dependiendo éste ID se utilicen unas aplicaciones o unas otras al emparejarlo con el smartphone, de ahí que este conector se considere smart. Aun así, el hecho de



(Fig.38 Conector Movesense Smart)[49]

tener unos agujeros en la prenda, ya sean hechos al tejer o a posteriori, son puntos débiles del tejido y por tanto se ha optado por la opción Basic. A partir de estos agujeros y con repetidos usos o desgaste los agujeros se pueden ampliar o crear desgarros en la prenda.

La opción Basic en cambio es menos agresiva con la prenda, como se puede ver en la figura 39 se sitúan dos conectores planos de acero inoxidable, como un remache, entre una capa de adhesivo termofusible y otra capa de tejido en la parte superior (la capa más alejada de la piel). Con un laminado en caliente, el calor funde el adhesivo y la presión fija el tejido superior al adhesivo fundido, amoldándose a los conectores y ayudando a su fijación. Para finalizar, se colocan dos ribetes de plástico en la capa inferior (la más cercana a la piel).



(Fig. 39 Conector Movesense Basic)[49]

Esta opción es mucho menos agresiva con la prenda principal por el hecho de no agujerear la camiseta, si no la capa de tejido que se sitúa encima de los

conectores, por lo que en caso de que se produzca algún desgarró, éste no se extendería a la prenda principal.

4.3.4 Tecnologías utilizadas

Movesense [14], marca del core utilizado, es una submarca de Suunto, uno de los mayores desarrolladores de tecnología de parametrización del mercado. Movesense cuenta con herramientas fáciles e innovadoras para medir y “sentir” los deportes. Movesense puede parametrizar el movimiento, analizar los datos y conseguir información muy valiosa para diferentes participantes y atletas. Movesense está abierto a todos los deportes y a mucho más, puede parametrizar todo lo que tenga movimiento. Motiva a crear nuevos productos wearable o a modificar productos ya existentes. El toolkit que ofrecen puede usarse para desarrollar, probar y llevar grandes ideas al mercado de una manera fácil y rápida.

Con el sensor Movesense uno puede desarrollar su propia app en el sensor, personalizando las funciones y parametrizaciones a su gusto. El sensor de Movesense es un dispositivo alimentado por una pila, que incorpora sensores de bajo consumo, con Bluetooth Low Energy (BLE) y un Micro Controller Unit (MCU) habilitado. Cuenta con [50]:

- Memoria built-in para data logging
- Bluetooth Smart
- Pila intercambiable
- Resistente al agua y a los golpes y caídas
- Conector snap o force-fit para un acople y desacople cómodo
- Personalización del branding

Detalles técnicos en cuanto a la capacidad sensorial (datasheet en el documento TECHNICAL_SHEETS):

- Sensor de movimiento de 9 ejes: acelerómetro, giroscopio y magnetómetro
- Sensor de ritmo cardíaco, intervalos R-R, servicio de ritmo cardíaco BLE, y como opcional un ECG de canal único (Electrocardiograma)
- Termómetro
- Bluetooth 4.0 radio
- Herramientas para programar las aplicaciones del sensor en sí

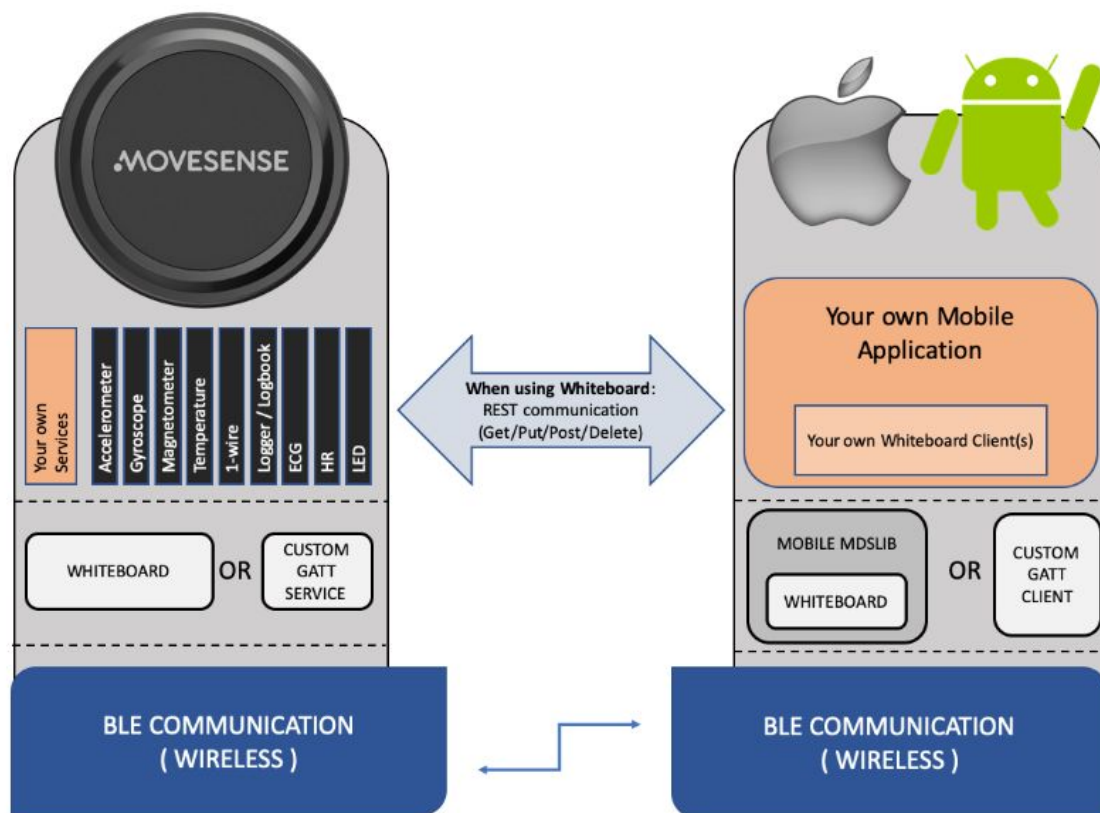
Además, el sistema básico de usuario final de Movesense comprende las siguientes entidades:

- Uno o más sensores Movesense
- Un smartphone (iOS o Android)

Ambas incluyen la pila de conectividad de Movesense, que los hace interoperar en ambos el dispositivo y la aplicación. Si bien el uso típico es el de un dispositivo móvil que utiliza los servicios de Movesense, la arquitectura de comunicación simétrica de Movesense permite también que los dispositivos de Movesense usen los datos de los servicios del dispositivo móvil.

Todos los dispositivos de Movesense implementan Movesense API (*Application Programming Interface*). Un api tipo “REST” es definido, gestionado y lanzado por la organización de Movesense. La idea detrás de esto es hacer más fácil y rápido de personalizar el dispositivo mediante aplicaciones propias.

Para entender un poco más el flujo de datos entre el sensor y la aplicación, se ha utilizado la imagen que ofrecen en Movesense para la explicación de ésta:



(Fig. 40 System Overview)[51]

El core de Movesense tiene un conjunto de sensores, que ya se han detallado en anteriores apartados, que el software puede utilizar. Por defecto todos los sensores son accesibles mediante la “microservice architecture framework” llamada Whiteboard. Los servicios que generan datos hacia la Whiteboard son accesibles tanto internamente como de manera opcional desde el smartphone conectado mediante bluetooth.

Como vemos en la figura, el core recibe datos de todos los sensores listados previamente, y que podemos ver en la imagen, estos datos los recoge en la

Whiteboard que luego se pueden visualizar desde la aplicación. Para poner un ejemplo del código, se ha buscado en las librerías de código abiertas que ofrece Movesense en su página web [52]:

```

{
    DEBUGLOG("onNotify() called.");

    // Confirm that it is the correct resource
    switch (resourceId.localResourceId)
    {
    case WB_RES::LOCAL::MEAS_ACC_SAMPLERATE::LID:
    {
        const WB_RES::AccData& linearAccelerationValue =
            value.convertTo<const WB_RES::AccData&>();

        if (linearAccelerationValue.arrayAcc.size() <= 0)
        {
            // No value, do nothing...
            return;
        }

        const wb::Array<wb::FloatVector3D>& arrayData =
            linearAccelerationValue.arrayAcc;

        uint32_t relativeTime = linearAccelerationValue.timestamp;

        for (size_t i = 0; i < arrayData.size(); i++)
        {
            mSamplesIncluded++;

            wb::FloatVector3D accValue = arrayData[i];
            float accelerationSq = accValue.mX * accValue.mX +
                accValue.mY * accValue.mY +
                accValue.mZ * accValue.mZ;

            if (mMaxAccelerationSq < accelerationSq)
                mMaxAccelerationSq = accelerationSq;
        }

        // 13Hz 5sec
        if (mSamplesIncluded > 5 * 13)
        {
            // Reset counter and notify our subscribers
            WB_RES::SampleDataValue sampleDataValue;
            sampleDataValue.relativeTime = relativeTime;
            sampleDataValue.value = sqrtf(mMaxAccelerationSq);

            // Reset members
            mSamplesIncluded = 0;
            mMaxAccelerationSq = FLT_MIN;

            // and update our WB resource. This causes notification to be
            // fired to our subscribers
            updateResource(WB_RES::LOCAL::SAMPLE_ACCELEROMETER_DATA(),
                ResponseOptions::Empty, sampleDataValue);
        }
        break;
    }
}

```



```

    }
    }
}

void AccelerometerSampleService::onSubscribe(const wb::Request& request,
                                             const wb::ParameterList&
parameters)
{
    switch (request.getResourceId().localResourceId)
    {
        case WB_RES::LOCAL::SAMPLE_ACCELEROMETER_DATA::LID:
        {
            // Someone subscribed to our service. Start collecting data and
            notifying when our service changes state (every 10 seconds)
            wb::RequestId remoteRequestId;
            wb::Result result = startRunning(remoteRequestId);

            if (isRunning)
            {
                returnResult(request, wb::HTTP_CODE_OK);
                return;
            }

            if (!wb::RETURN_OK(result))
            {
                returnResult(request, result);
                return;
            }
            bool queueResult = mOngoingRequests.put(remoteRequestId, request);
            (void)queueResult;
            WB_ASSERT(queueResult);
            break;
        }
        default:
            ASSERT(0); // Should not happen
    }
}

void AccelerometerSampleService::onUnsubscribe(const wb::Request& request,
                                             const wb::ParameterList&
parameters)

```

En las líneas de código marcadas en naranja, podemos ver cómo el sensor está obteniendo los valores que le proporciona el Acelerómetro, para luego almacenarlos, tratarlos o procesarlos dependiendo de cómo esté programado el sensor y la aplicación.

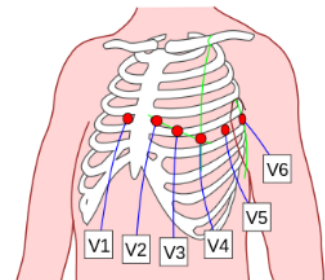
Como se ha avanzado en apartados anteriores, el core de Movesense ofrece gran variedad de datos gracias a los sensores que integra.

- Mediante el sensor de ritmo cardíaco se puede obtener el ritmo cardíaco en tiempo real, el ritmo medio tras la actividad, así como sus máximos y mínimos. Además se puede comprobar en qué momento del ejercicio se han dado tales resultados así como compararlo con otros datos.

- Mediante el acelerómetro, del cual se ha reflejado parte del código, y el giroscopio, se puede obtener datos de relevancia como el ritmo medio, y sus máximos y mínimos, la intensidad del ejercicio con cálculos como la cadencia al correr, las calorías quemadas realizando cálculos a partir de la actividad. Con la adición del magnetómetro, que actúa como una brújula, se puede medir la distancia recorrida de manera precisa. Como función añadida, los datos se podrían ampliar con la utilización de los datos recogidos por el GPS del teléfono móvil, que es necesario para la activación del sensor y la visualización en tiempo real de los datos, el cual aportaría una imagen del recorrido realizado sobre un mapa.
- Al tratarse de un software abierto, permite que la aplicación reciba datos de otros componentes o productos, o como con el caso del GPS, utilizar los ya integrados en el teléfono móvil.

Posicionamiento del core en la prenda

El core, como se apuntaba en apartados anteriores, va situado en el centro del pecho, en el esternón. El motivo es que el sensor de ritmo cardíaco actúa como un electrocardiógrafo, debe situarse en puntos donde pueda tener una buena lectura de los pulsos eléctricos que emite el corazón al latir. Por ello se ha buscado información sobre los electrocardiogramas y donde suelen situarse los electrodos [53]. Como se puede ver en la figura 41, los electrodos van en hasta seis posiciones diferentes. El sensor de Movesense cuenta con dos electrodos snap que se acoplan al conector, que se colocan en las posiciones V1 y V2 de la Fig. 41, obteniendo así una lectura adecuada.



(Fig. 41 Posición electrodos ECG)[54]

4.4 Propuesta de la App

Como el producto cuenta con una app, de la cual ya se han establecido las posibles pantallas en el apartado 4.4, aquí se ha querido hacer una propuesta visual de cómo podría ser la app y qué funciones podría tener, a falta de ser programada. Hay que remarcar que, al solo poder verse los datos en la app, no se pueden ver los datos en tiempo real mientras se realiza deporte a menos que se tenga un smartphone a mano, como por ejemplo en bicicleta mucha gente sitúa el smartphone en un soporte en el manillar donde pueden ir mirando los datos, o corriendo se lleva el dispositivo sujeto al brazo.

1. Inicio

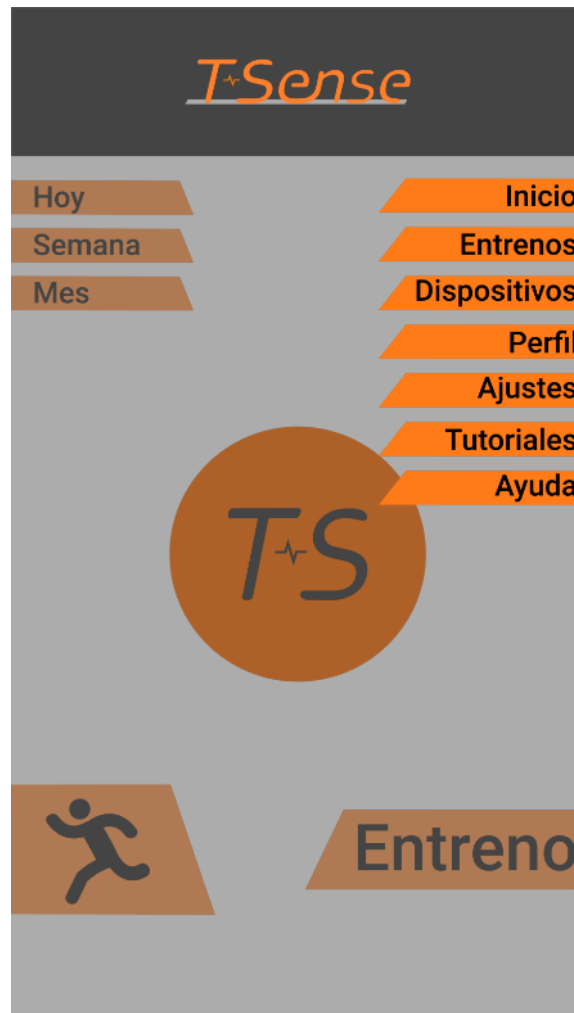
Esta es la pantalla de inicio. Desde aquí se puede acceder al menú en la esquina superior derecha, que nos llevaría a la pantalla 1.1-Menú. En la esquina superior izquierda se puede seleccionar hoy/semana/mes, menú que nos llevaría a la pantalla 1.2-Entrenos vista semana. El botón central T-S es para iniciar la actividad y parametrización, nos llevaría a la pantalla 1.4-Durante la actividad. En la esquina inferior izquierda se puede seleccionar el deporte que se va a realizar, que nos llevaría a la pantalla 1.3-Selección del deporte. Por último, en la esquina inferior derecha tenemos la opción de seleccionar un objetivo a cumplir durante el ejercicio que se va a realizar.



(Fig. 42 Inicio)

1.2 Menú

Esta es la pantalla que aparecería al clicar en el menú desde cualquier otra pantalla, poniendo un fade en lo que se estaba viendo hasta el momento y apareciendo el menú. Por orden se puede acceder a las siguientes pantallas: 1-Inicio, 2-Entrenos, 3-Dispositivos, 4- Perfil, 5-Ajustes, 6-Tutoriales.



(Fig. 43 Menú)

1.2 Entrenos (vista de la semana)

Tras haber seleccionado semana (en este caso), aparece la pantalla siguiente, en la que, por poner un ejemplo, está seleccionado el jueves y en el cual se han realizado dos actividades este día. La primera actividad ha sido a las 7:32, se ha ido a correr y se ha realizado un entrenamiento suave, la actividad ha durado 15 minutos y 27 segundos, y ha sido de intensidad baja. La segunda actividad ha sido a las 18:03, se ha realizado una carrera de 10 km, ha durado 47 minutos y 24 segundos, y ha sido de intensidad muy alta. En caso de clicar en cualquiera de las dos actividades se iría a la pantalla 2-Entrenos.



(Fig. 44 Entrenos vista de la semana)

1.3 Selección del deporte

En caso de seleccionar en la pantalla de inicio la selección de deporte, se redirige a esta pantalla, en la cual se puede seleccionar el deporte que se va a realizar. La aplicación cambiará o ajustará los parámetros según el deporte escogido y los datos proporcionados serán en función la selección.



(Fig. 45 Selección del deporte)

1.4 Durante la actividad

Al iniciar la actividad desde la pantalla de inicio, se visualizará esta pantalla en cualquier momento que se acceda a la app hasta que esta finalice. Aquí se podrá ver el deporte que se está realizando, la duración de la actividad y su intensidad, el objetivo que se ha marcado, el ritmo cardíaco y el ritmo en tiempo real, la distancia recorrida y las calorías quemadas. En la parte inferior está el botón para finalizar, y que nos llevaría a la pantalla 2-Entrenos, donde directamente veríamos el resumen de la actividad que se acaba de realizar. Los datos reflejados, en el caso del ritmo cardíaco será directamente los valores obtenidos por el sensor. En el caso de los demás datos en la figura, todos serán cálculos a partir de las mediciones del acelerómetro y el giroscopio.



(Fig. 46 Durante la actividad)

1.5 Retos y objetivos

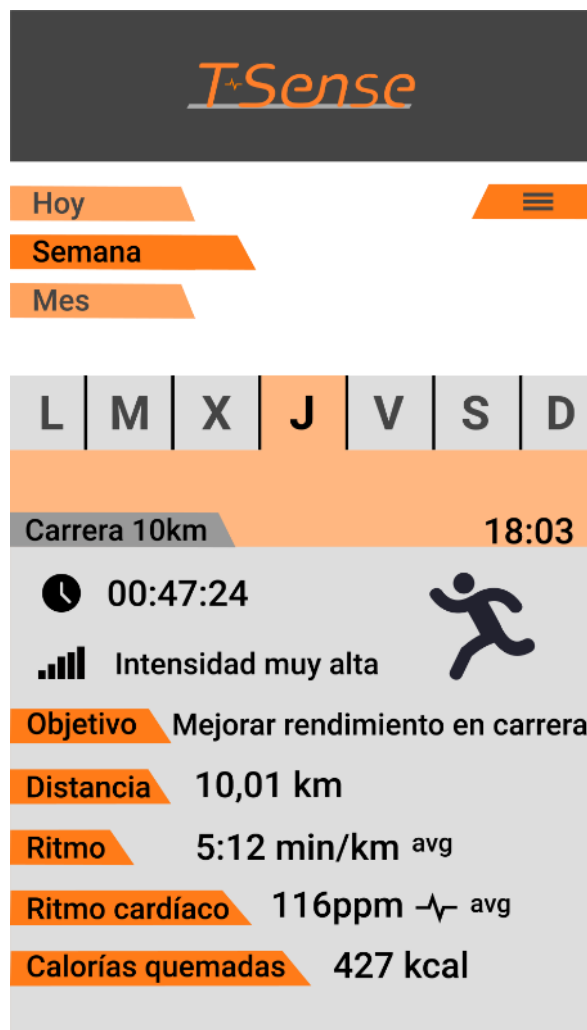
En caso de haber seleccionado en la pantalla de inicio el botón de retos, se redirigiría a esta pantalla. Aquí se puede seleccionar uno o más objetivos (o ninguno si el usuario no quiere), que se han puesto en forma de distancia, ritmo durante el ejercicio, calorías a quemar e intensidad del ritmo cardíaco. Otra opción es escoger un objetivo más general, como puede ser un calentamiento, mantener la forma en comparación con los ejercicios realizados anteriormente, o recuperación tras lesión o pérdida de forma.



(Fig. 47 Retos y objetivos)

2. Entrenos

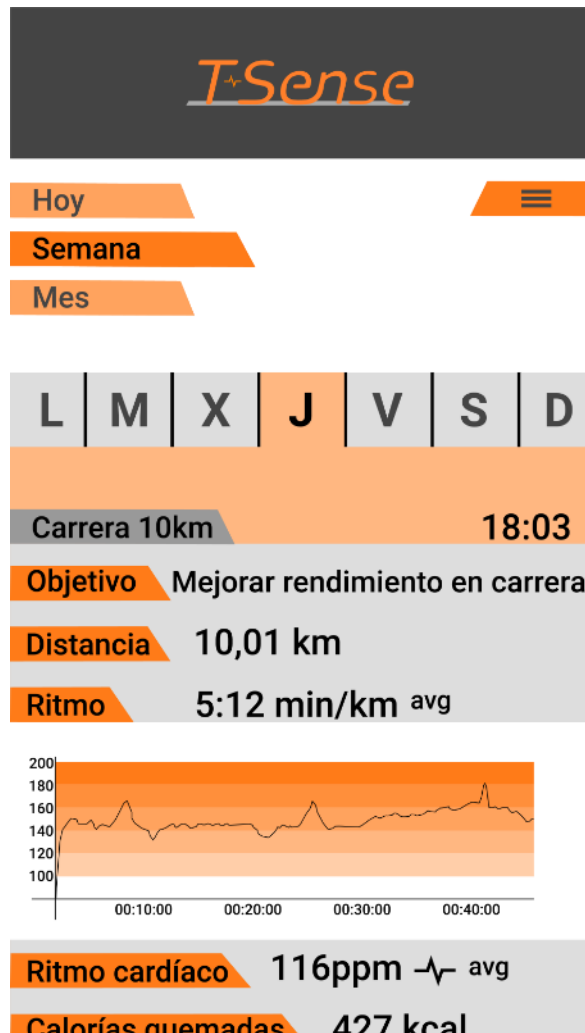
Desde el menú, desde la pantalla 1.2 o tras la finalización del deporte, se puede acceder a los resúmenes de ejercicios ya realizados y ver los siguientes datos (además de los que ya se veían en la pantalla 1.2): Objetivo que se ha marcado antes del ejercicio, distancia total recorrida, ritmo medio durante la actividad, ritmo cardíaco medio durante la actividad, calorías quemadas totales. En caso de clicar en el ritmo o el ritmo cardíaco se despliegan gráficas que se pueden ver en la siguiente pantalla. Los datos reflejados se obtendrán de la misma manera que en la pantalla 1.2.



(Fig. 48 Entrenos)

2. Entrenos con gráfica desplegada

En caso de haber clicado en ritmo o ritmo cardíaco, se desplegarían unas gráficas como las de la imagen, que como podemos ver reflejan la evolución del ritmo cardíaco a lo largo del tiempo.



(Fig. 49 Entrenos con gráfica desplegada)

3. Dispositivos

En caso que desde el menú se seleccione dispositivos, se redirige a esta pantalla. Aquí se puede ver el sensor que está emparejado actualmente, su nombre de referencia, el usuario que lo utiliza y el estado de la pila interna. En caso de querer enlazar un nuevo dispositivo se puede clicar en el botón inferior.



(Fig. 50 Dispositivos)

4. Perfil del usuario

Desde el menú se puede seleccionar perfil, en caso de hacerlo se redirige a esta pantalla. En la cual se puede poner un nombre de usuario, y se puede detallar información como el género del usuario, edad, peso y altura, que servirán para ajustar las recomendaciones de la app al usuario.



(Fig. 51 Perfil de usuario)

5. Ajustes

Desde el menú también se puede acceder a ajustes. Esta sería la pantalla que se visualizaría. En ésta, se pueden establecer las unidades que aparecerán en la aplicación, el primer día de la semana y la duración del guardado de los datos en la aplicación.



(Fig. 52 Ajustes)

6. Tutoriales

Por último, se ha añadido una pantalla de tutoriales, a la cual se puede acceder desde el menú. En ésta se encontrarán videos tanto de cómo interpretar las gráficas como de diferentes entrenos y rutinas a realizar con el producto T-Sense.

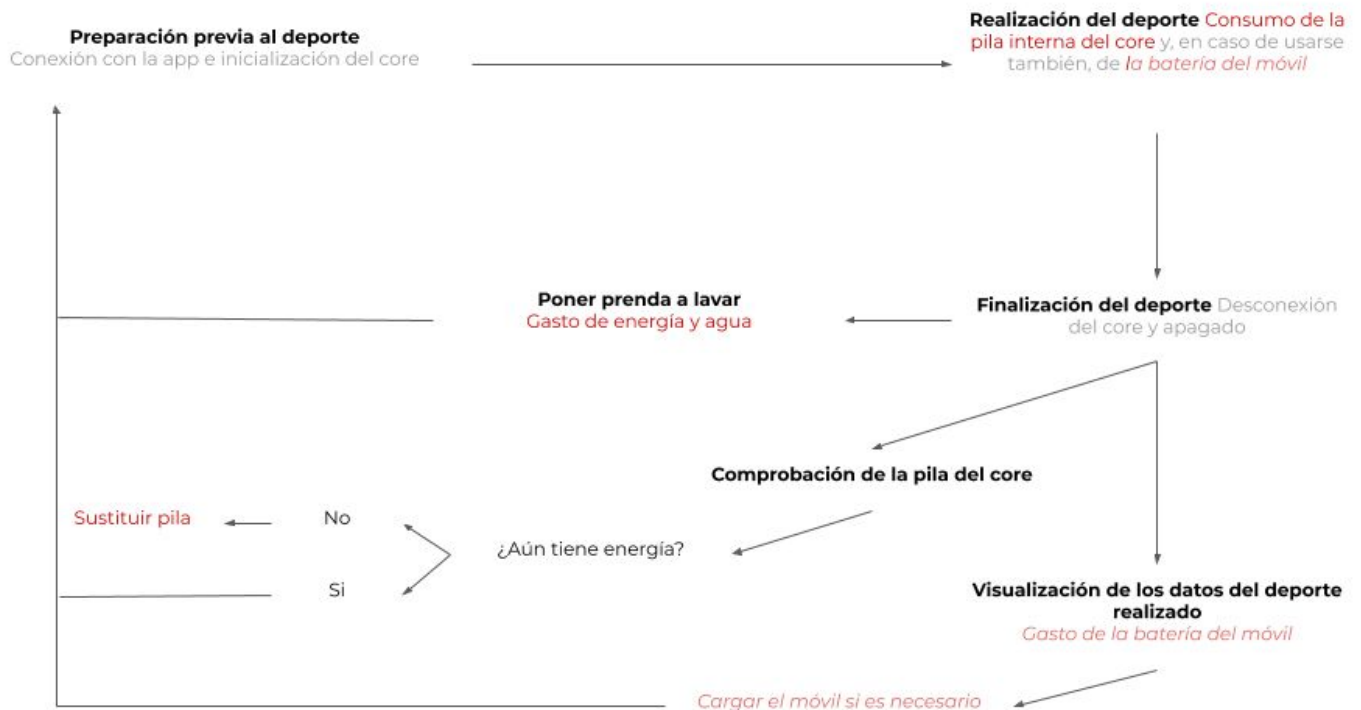


(Fig. 53 Tutoriales)

4.5 Impacto ambiental

Ciclo de vida del producto durante su uso

Para entender el impacto ambiental que puede llegar a tener la propuesta de producto, a partir del momento de la obtención de la prenda y el core, y la descarga de la aplicación.



(Fig. 53 Life Cycle Assessment del producto T-Sense)

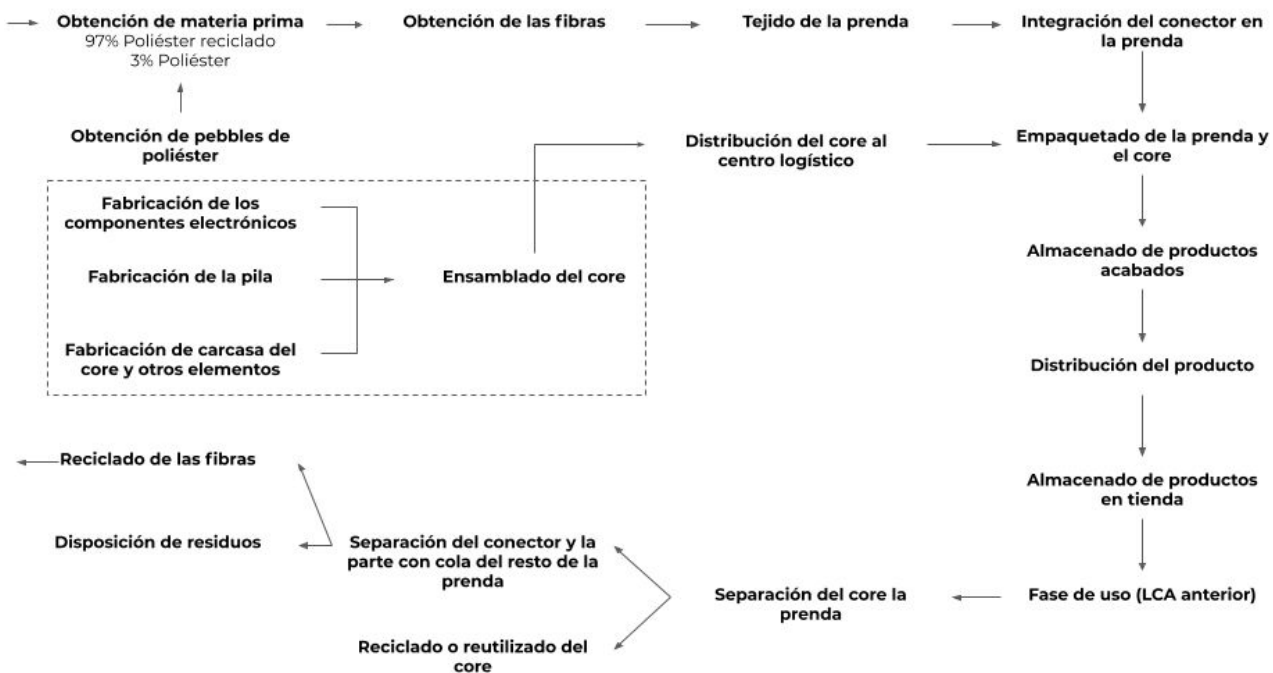
Como se puede apreciar en la figura, las partes de color rojo son los puntos o acciones donde hay un gasto de energía. Se ha hecho una separación en el gasto de energía directamente relacionado con el producto T-Sense, y la energía que consume un dispositivo móvil al utilizar la app de T-Sense, que pese a no ser un consumo directo del producto, es un consumo que también hay que tener en cuenta. Así pues, los puntos donde el producto está consumiendo energía y/o agua, y por tanto teniendo un cierto impacto ambiental son:

- **Durante la realización del deporte**, ya que está consumiendo la energía de la pila interna del core y, en caso de que se esté utilizando también, la batería del móvil. Hay que decir que el gasto de energía y por tanto el impacto es muy bajo en comparación a otros puntos del ciclo de vida.
- **En el lavado de la prenda**. Este es el punto que más impacto tiene ya que es el de mayor gasto de recursos (energía y agua) con diferencia, aunque debe repartirse proporcionalmente junto con el resto de prendas del lavado. Es un punto que no se puede evitar al tener que lavar la prenda después de su uso.

- **La visualización de los datos en la app y su uso en general.** Éste es un gasto de energía indirecto, puesto que no es de ninguno de los componentes del producto, pero el uso de la app es imprescindible para su utilización y, por tanto, a reflejar.

Ciclo de vida del producto desde su fabricación hasta su reciclado

En el siguiente ciclo se puede ver las diferentes etapas por las que pasa el producto desde la fabricación de los diferentes componentes, pasando por su ensamblado y distribución, llegando hasta su final de ciclo.



(Fig. 55 LCA general del producto)

En el ciclo de vida propuesto se ha intentado reflejar todos los procesos involucrados desde la fabricación de los componentes hasta la deposición de residuos o reciclado de componentes. La parte con enmarcado por líneas discontinuas es el proceso relacionado con el core y que se asume que se realizan estos pasos. Los datos del verdadero impacto se obtendrían en caso de determinar muchos aspectos como el gasto de electricidad y agua en cada proceso de fabricación, el cálculo del gasto de gasolina de los camiones de transporte o la energía necesaria para el reciclado de las fibras. A continuación, se realiza una reflexión del impacto que puede tener cada paso:

- **La obtención de materia prima para las fibras, puesto que proviene en gran parte de reciclado**, tiene un menor impacto ambiental que en el caso de emplear materia prima virgen. El poliéster reciclado requiere una cierta energía para ser reciclado el poliéster y conseguir de nuevo los estándares y características necesarias. Por otra parte el poliéster es un polímero que es un derivado del petróleo y que por tanto requiere unas cantidades de energía para su producción, cantidades que son menores si se utiliza material reciclado. Las fibras pueden llegar a provenir en su totalidad de material reciclado, o puede combinarse material reciclado y material nuevo en caso de requerirlo. Además al obtener las fibras así, se están reduciendo los residuos y por tanto reduciendo más el impacto. En el caso de las fibras Coolmax Ecomade el poliéster reciclado proviene de botellas y otros elementos de plástico reciclados, y ofrecen tejidos que en su totalidad son a partir de material reciclado, manteniendo todas las propiedades, hecho que demuestra la viabilidad de producir una prenda a partir de material reciclado y que tenga un impacto ambiental más bajo.
- **Obtención de las fibras.** A partir de la materia prima obtenida en el punto anterior, se obtienen los filamentos para el tejido. Se obtienen mediante hilatura por fusión, así que hay un cierto gasto de energía asociado.
- **Tisaje de la prenda.** Tanto el proceso de tisaje como el acabado y el planchado, conllevan un gasto de energía, agua y otros productos químicos. . También el lavado de las prendas para eliminar aceites y otras impurezas requiere agua y energía.
- **Integración del conector en la prenda.** En este paso, que está explicado en el apartado 5.3.3, se tiene que aplicar calor para poder fundir la cola en la zona del conector, además de requerir una capa de tejido encima para poder tener un buen acabado, lo que implica cierto gasto de energía y otros recursos.
- **Distribución.** En cualquier punto en el que se deba hacer una distribución ya sea en la obtención del core, o en los envíos a tiendas, el medio de transporte, tiene un importante impacto asociado al combustible, aunque el impacto variará según las distancias y el tipo de combustible.
- **La fase de uso.** El impacto de esta fase está explicado en el LCA anterior.
- **Fin de la vida útil.** Una vez llegada a su fin la vida útil del producto, este se debe separar. Primero el core de la prenda, para poder así reciclarlos adecuadamente. El core a priori es más difícil de reciclar por la mezcla de materiales en los componentes, pero alguna parte como la carcasa o la tapa de la pila, que son de plástico, se puede reciclar adecuadamente. Por otra parte, la prenda se puede reciclar casi en su totalidad, ya que es de poliéster y no se han mezclado tipos de fibras ni otros materiales en el tejido (la prenda sale de forma integral de la tricotosa). El único elemento no reciclable es la zona del conector, que cuenta con elementos metálicos, el adhesivo, y las fibras pegadas y de imposible separación, por lo que se debería cortar esa parte y reciclar el resto de la prenda. El proceso de reciclado de cada prenda tiene un gasto de energía, pero obviamente es

mucho menor el impacto que si éstos materiales no se reciclan y se tiran a vertederos o se incineran.

Conclusión

Al emplear algunas estrategias de ecodiseño, como evitar la mezcla de fibras en el tejido, o el empleo de materia prima procedente de reciclado, el producto apunta a tener un impacto ambiental menor en comparación con muchas prendas o wearables similares en el mercado. En el caso de la prenda T-Sense, los materiales utilizados son casi en su totalidad de materiales reciclados, y al final de su vida útil se puede volver a reciclar la gran mayoría de la prenda. Además, durante el uso del producto (que se puede ver en el primer ciclo de vida de este apartado), el impacto es también muy bajo, siendo el lavado de la prenda el punto más crítico.

4.6 Manual de uso

A continuación se presenta el manual de uso del producto:

El primer paso para iniciar la experiencia T-Sense es emparejar el core Movesense al smartphone a través de la aplicación de T-Sense y mediante bluetooth. Durante la búsqueda de emparejamiento, la luz LED del dispositivo parpadeará en azul hasta que se complete el emparejamiento.

Una vez emparejado el dispositivo con la app, se puede ver el nivel de la pila del core, que en caso de estar demasiado baja deberá sustituirse. Desde la aplicación se configurará los ajustes necesarios previos al ejercicio y se dará al inicio desde la aplicación. Deberá acoplar el core a la prenda y podrá iniciar su actividad. El usuario podrá realizar la actividad deportiva con o sin su smartphone cerca, ya que el sensor irá recopilando la información para luego volcarla en el smartphone al finalizar la actividad; también se puede llevar encima el smartphone en caso de querer consultar los datos en tiempo real. En esta segunda opción el sensor, además de las opciones ya integradas, podrá hacer uso de algunos de los elementos en el smartphone como el GPS para aportar más datos al finalizar la actividad.

Una vez finalizada la actividad, debe apagarse el sensor desde la aplicación, donde podrá visualizar todos los datos resumidos. La app irá almacenando cada actividad realizada, y podrá ir haciendo propuestas de rutinas y ejercicios en base al rendimiento del usuario. Además, contará con videos de ayuda, tanto para la comprensión de los datos como para nuevas rutinas y ejercicios o estiramientos.

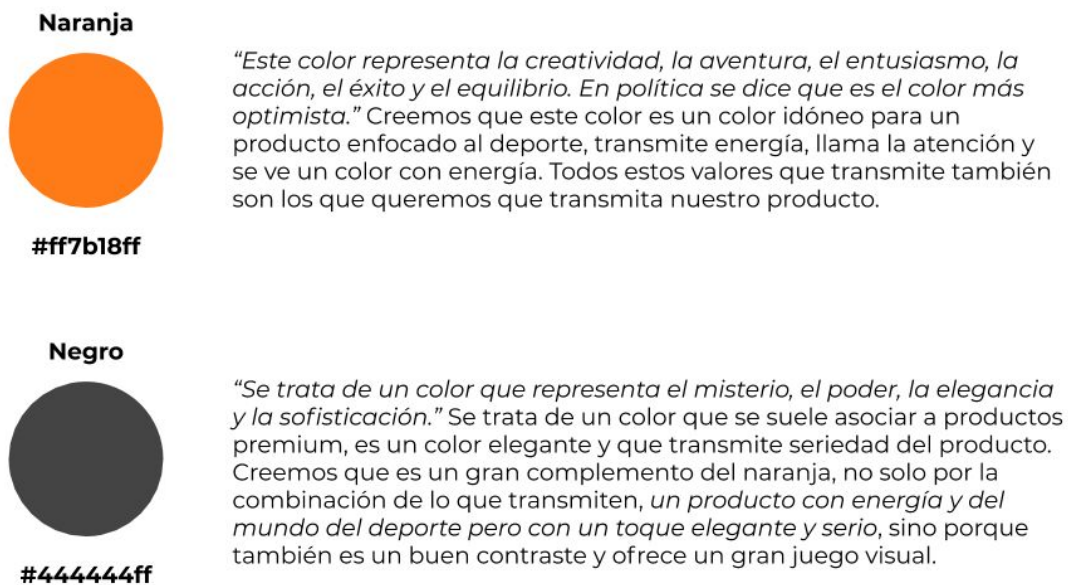
Para el lavado de la prenda es necesario desacoplar el core.

4.7 Comunicación del producto

En este apartado se explican los colores identificativos del producto y la marca, así como el logo.

Con la idea de crear una imagen de marca, se ha pensado en qué colores pueden ser apropiados para el producto o algunos de sus componentes y a la vez crear una combinación de colores corporativos y de marca.

Los dos colores principales de la marca y el producto van a ser el naranja y el negro y las diferentes tonalidades de cada uno.



(Fig. 56 colores marca)

Con estos colores, se ha escogido un nombre y se ha hecho un logo. El nombre elegido es T-Sense. Como se trata de un *Smart Textile* enfocado al deporte y por tanto la parametrización datos biométricos durante éste, se ha querido relacionar el nombre con ello. **T** viene de Textiles, y **Sense** de los sensores integrados en la prenda y que también se puede relacionar con el sentir de la prenda, algo más abstracto pero que puede tener gancho comercial. El nombre también busca crear un juego de palabras, ya que en inglés camiseta es *T-Shirt*.



(Fig. 57 Logotipo del producto)



(Fig. 58 Logotipo reducido)

4.8 Coste del producto

Se han realizado dos presupuestos relacionados con este proyecto. En el primero, que se pueden encontrar en el documento BUDGET, se ha hecho una aproximación de la cantidad de horas invertidas en la realización de los diversos puntos del proyecto, incluyendo la búsqueda de información requerida para cada punto, cualquier diseño gráfico o realización de gráficas y tablas, la redacción del punto y su maquetado; así como un desglose de otros costes asociados. Para el coste por hora del trabajo, se ha puesto 10 euros la hora, de nuevo como un valor aproximado.

El segundo es un presupuesto estimado del coste de producción del producto. Para ello se ha supuesto que se producirían 1000 unidades. El presupuesto se puede ver reflejado en la tabla 8, y se ofrecen más detalles debajo de ésta.

	Core y conector	38,50€
	Gastos de envío	19,90€
Producto de Movesense	Impuesto al Valor Agregado	14,02€
Camiseta técnica		14,75 €
Coste de integración, acabado y empaquetado		22,00 €
Aplicación de T-Sense		8,63 €
Coste total por unidad (sin IVA)		117,80 €
Coste total (sin IVA)		117.795,00 €
Trabajo		7.200,00 €
Margen de beneficio por unidad (20%)		23,56 €
Margen de beneficio total (20%)		23.559,00 €
IVA (21%)		24.736,95 €
Presupuesto total (con IVA)		55.495,95 €
Precio Unitario de Venta		166,09 €

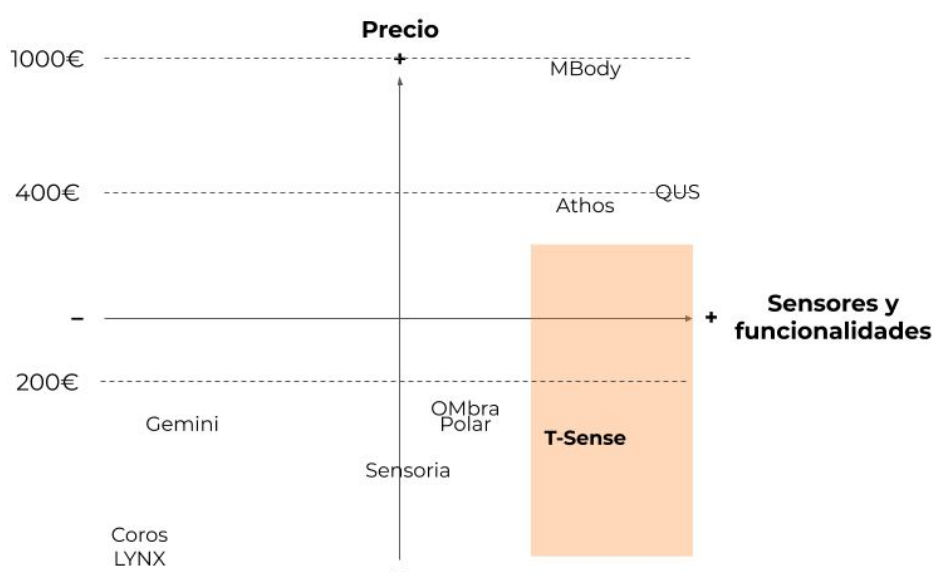
(Tabla 8: Presupuesto del coste de ejecución del proyecto)

- El coste del producto de Movesense está dividido en el coste del core y el conector, el gasto de envío y el Impuesto al Valor Agregado (aproximadamente un 28% del precio sin gastos de envío). Cabe remarcar que estas cifras son las que ofrece Movesense en su página web por una unidad. Pero si se comprasen las 1000 unidades casi sin ninguna duda, el precio unitario se vería reducido, así como los gastos de envío.

- Para la camiseta técnica se ha cogido un precio medio por camisetas similares, como las que ofrecen Nike o Hoko [55][56], siendo éste de 25€ y se ha reducido el precio quitando el IVA y reduciendo un hipotético margen del 15% del proveedor, dejando un precio unitario aproximado de lo que podría costar obtener la prenda.
- En el coste de integración, acabado y empaquetado es un coste aproximado teniendo en cuenta que la suma de tiempo de las acciones de integrar el conector en la prenda, lavar, planchar y doblar la prenda, y finalmente empaquetar es un total de 33 segundos por unidad y 550 horas para las 1000 unidades. Se ha establecido como coste del operario 40€ la hora. Cabe destacar que los tiempos son aproximaciones y que no se han podido demostrar empíricamente.
- En el caso de la aplicación se ha supuesto que el tiempo de desarrollo es de 200 horas, estas serían mucho mayores si se tuviese que programar en su totalidad y no sobre la base que ya ofrece el software de Movesense. Se ha hecho el cálculo cogiendo el sueldo medio de un desarrollador freelance en España, que es de 28,75€ [57]. En este cálculo no se ha tenido en cuenta el gasto del mantenimiento de la aplicación ya que, en caso de aumentar la fabricación este gasto se distribuiría en muchas más unidades.
- El cálculo del coste del trabajo se puede encontrar, como se ha dicho al principio, en el documento adjunto BUDGET.

Así pues, el precio final de venta sería de 166€ aproximadamente. Se trata de un precio en el caso hipotético de producir 1000 unidades, en caso de producir menos el precio aumentaría, y en caso producir más sucedería lo contrario.

¿Cómo queda el producto respecto a la competencia?



(Fig. 59 Benchmarking con T-Sense)

En la comparativa con otros productos, en la gráfica precio-sensores y funcionalidades, podemos ver que se ha llegado a entrar en la zona considerada como oportunidad de mercado, ya que se ofrece un precio más competitivo que productos con funcionalidades parecidas e integra una mayor variedad de sensores que éstos, además de ofrecer más funcionalidades, como una aplicación más cuidada y con más funciones para el usuario. y que por tanto se trata de un producto que sería competitivo en el mercado.

Los productos más cercanos en la gráfica son el sujetador deportivo OMbra, los productos de Polar y la camiseta de Sensoria. La camiseta T-Sense puede competir con algunos de los productos de Polar, integrando una cantidad de sensores similares pero a un precio más competitivo y mayor confort, además de no requerir ningún complemento. En el caso OMbra, hay que decir que se trata de un producto discontinuado o de producción muy corta y que ya no se vende, al menos de primera mano. Por último está la camiseta de Sensoria, que pese a ser algo más cara, se trata de un producto que solo integra un lector de ritmo cardíaco, por lo que por un precio mayor ofrece menos funciones y lecturas. Así pues, se observa que puede cumplirse el objetivo de crear un producto muy competitivo en el mercado. Incluso en el caso que el coste de los componentes fuese mayor, el T-sense seguiría siendo competitivo y estando en la zona marcada en el gráfico de la Fig. 59.

Si se le integrasen más sensores o se integrasen de una manera diferente, como alguna de las propuestas e ideas presentes en el apartado de Futuros Proyectos, el precio variaría y se añadirían algunas prestaciones, pero entonces el target y competencia cambiaría a lo que podemos ver en la parte superior derecha de la gráfica, y se correría el riesgo de ser menos competitivo y por tanto no tener éxito.

4.8 Viabilidad del producto

Uno de los objetivos de este proyecto era comprobar que la propuesta final realizada era viable. A lo largo del proyecto, las diferentes elecciones de componentes, materiales, diseño, funcionalidades, usuario y otras ya se han realizado con la intención de que éstas fuesen viables. Así pues:

- Se ha encontrado que en el mercado hay productos similares o con funciones, integración o tecnologías similares.
- Se han encontrado tecnologías que permiten parametrizar los datos biométricos deseados y de interés para el usuario. Y con un método de integración viable y que se puede fabricar de manera seriada.
- Se han encontrado materiales que cumplen con los requisitos de la prenda y cuentan con un impacto ambiental bajo al poder provenir de fuentes recicladas.
- Se ha encontrado y definido un target interesado en productos en el mercado similares y se han localizado oportunidades de mercado con respecto a la competencia.
- Se ha diseñado una prenda técnica con peculiaridades en el tejido pero es fabricable con el material escogido.
- Se ha encontrado la posición adecuada para la posición del core y asegurar las mediciones.
- Se ha encontrado un método de fabricación que asegura el diseño de la prenda.
- Se ha realizado un presupuesto para la fabricación del producto y estableciendo un precio de venta competitivo y que ocupa las oportunidades de mercado detectadas.

5. Conclusiones

El objetivo del trabajo ha sido estudiar qué elementos son necesarios para crear una prenda que pueda parametrizar datos biométricos durante la actividad deportiva y la opción de incluir otras funcionalidades.

Para estudiar la viabilidad de diseñar un producto que cumpla con el objetivo planteado, se pueda producir y pueda llegar a ser competitivo en el mercado se han realizado dos fases de investigación y de desarrollo.

Tras la primera búsqueda de referentes en el mercado se ha visto que existen algunos productos con algunas funciones similares, a partir de ésta se ha buscado las tecnologías requeridas para llevar a cabo un producto que encaje con lo establecido. También se ha querido definir tanto el usuario de éste tipo de producto como el mercado objetivo, para ver si tiene o no salida.

Una vez encontrada la información que demostraba que hay un mercado, que se cuenta con la tecnología necesaria para llevar a cabo el proyecto, así como los materiales que se pueden utilizar y que el producto es factible, se ha hecho una propuesta de valor y estableciendo unos requerimientos. Con esto se ha determinado el alcance de la propuesta y qué características debe tener ésta. Mediante diferentes metodologías se ha llegado a una idea de producto realizable con los conocimientos adquiridos a lo largo del grado cursado.

La propuesta final ha sido una prenda deportiva que integra los sensores de más relevancia, que hay que recordar que son el sensor de ritmo cardíaco, acelerómetro y giroscopio, en este tipo de productos, de una manera fácil de usar y de integrar en la prenda, pero que cumple con creces los requisitos planteados y cumple con el objetivo del producto, que es parametrizar de manera precisa datos biométricos durante el ejercicio o deporte. Para ello se ha utilizado el core de un tercero con un software abierto que permite la programación y personalización de los sensores y de la aplicación con la que se conecta mediante Bluetooth. La prenda, como parte también del producto, también cuenta con un diseño enfocado al deporte, incluyendo partes del tejido que la hacen fresca y ajustada para asegurar que los sensores sean próximos al cuerpo y que el sudor no se acumule y cree incomodidades y posibles interferencias a las mediciones. El último componente del producto ha sido la realización de una propuesta visual de la aplicación desde la cual se controlaría el sensor. Se ha diseñado de manera que ofrezca la información de una manera clara y fácil los datos al usuario, y que por tanto ayude a éste a seguir detenidamente su evolución, su rutina, entienda su cuerpo y consiga cumplir sus objetivos, que al final es el motivo por el cual se diseña este producto.

Otro factor relevante a la hora de diseñar el producto ha sido el posible impacto ambiental que pueda tener el producto. Por ello se ha buscado que la

prenda sea procedente de material reciclado, y que su posterior reciclado sea fácil y poco costoso.

Mediante estudios de mercado y comparativas con otros productos, se ha demostrado no solo que hay un gran mercado existente interesado en productos como el aquí planteado, si no que es un producto competitivo, por el precio que tiene y por las funciones que integra, así como la ventaja de ser un producto cómodo, preciso y fácil de usar.

Así pues, el resultado final es un producto viable, que cumple con los requisitos planteados, que tiene un gran mercado y puede ser competitivo, que además presenta un diseño agradable, tanto por la comodidad de la prenda, como por la integración del core y la aplicación que acompaña al producto, tiene un impacto ambiental bajo y puede llegar a ser atractivo al potencial usuario.

Aun así, tiene mucho margen para mejoras y el proyecto podría seguir en desarrollo. Más allá de las ideas de variaciones o nuevas funcionalidades y/o sensores que ya se han detallado en el apartado de Futuros Proyectos, el producto aquí presentado aún puede ampliarse y detallarse más. Hay muchos datos que son aproximaciones y que de cara a una producción y venta se deberían concretar. La aplicación tiene que programarse y asegurar su buen uso. Se deberían realizar prototipos para asegurar que el diseño de la malla de la camiseta cumple con los objetivos planteados, así como hacer pruebas de uso para comprobar las mediciones de los sensores en diferentes situaciones. Pero este proyecto puede ser una buena base desde la cual partir y tirar adelante esta propuesta y acabar realizando un producto similar éste.

6. Futuros proyectos

Con este proyecto se ha visto la viabilidad de realizar una prenda inteligente y creo que ha quedado un buen resultado, pero siempre se pueden mejorar los diseños y productos, y pueden servir como base para nuevos proyectos o inspirarlos. Así pues, a raíz de este proyecto ya han surgido modificaciones o añadidos aplicables a este producto, e incluso ideas para nuevos proyectos.

Mejoras para la propuesta actual

Una primera idea, que seguramente dé pie a un proyecto mayor, es la de integrar los diferentes sensores a lo largo de la prenda. Esto permite una mayor libertad a la hora de integrar los sensores necesarios según los requerimientos del producto o proyecto, y situarlos donde más convenientes sean, siempre asegurando un uso seguro y que se puedan lavar una vez finalizada la actividad.

Otro componente que se podría tener en cuenta para futuros proyectos es un localizador GPS. Para este proyecto se ha sopesado seriamente el integrar un localizador GPS en la prenda, pero el hecho de no poder conectarse físicamente al core de Movesense y por tanto requerir otra placa madre, otra batería o pila e integrar esos componentes aparte, junto con falta de tiempo, han tirado atrás la idea. Creo que completaría mucho el producto, ya que la versión actual, ya que si quiere tener localización GPS éste se debe conectar a un dispositivo externo equipado con GPS (como un smartphome), que le proporcione los datos necesarios. Incluso se han localizado algunos componentes que podrían utilizarse.

Derivados a partir del producto actual

A partir del estudio de mercado realizado, se ha visto que hay una gran diversidad de smart textiles que parametrizan diferentes datos biométricos y con gran diversidad de aplicaciones, como la captación de movimiento para efectos especiales en el cine, o la parametrización de datos biométricos para vigilar gente mayor que viva sola, o el estado de un recién nacido. Esto abre la puerta a nuevos proyectos que en un futuro se puede trabajar y diseñar nuevos productos.

Dentro del ámbito deportivo, y a partir de este mismo concepto, se pueden realizar proyectos similares pero con prendas distintas, como por ejemplo bañadores, o kimonos de kárate o judo y muchas prendas más. Una posible idea sería una chaqueta de esquí que integre fibra óptica y un localizador GPS para guiar a los esquiadores en mal tiempo, o para localizar a alumnos de una escuela de esquí durante las clases, o incluso uniformes para equipos de rescate en las montañas. Además de diseñar la prenda según los requerimientos de ésta y buscar los métodos de integración adecuados.

Bibliografía

- [1]: *Instagantt*, [en línea]. Instagantt, 2020. [Última consulta: 23 junio 2020]. Disponible en: <<https://instagantt.com/>>
- [2]: *Athos*, [en línea]. Athos Coaching System. [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: <<https://www.liveathos.com/athletes> >
- [3]: *QUS*, [en línea]. QUS Sports - Body Connected. [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: <<https://www.qus-sports.com/?lang=en>>
- [4]: *Xenoma*, [en línea]. Xenoma Inc. [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: <<https://xenoma.com/>>
- [5]: *Sport, OMSignal Ombra Review* [en línea]. Wareable. [Consulta: 12 marzo 2020] Disponible en: <<https://www.wareable.com/sport/omsignal-ombra-review>>
- [6]: *X Nadi* [en línea]. Wearable X. [Consulta: 12 marzo 2020] Disponible en <<https://www.wearablex.com/>>
- [7]: *Myontec Wearable Technology* [en línea]. Myontec Ltd. [Consulta: 12 marzo 2020] Disponible en <<https://www.myontec.com/>>
- [8]: *Jacquard Products Levi Trucker: Atap Google* [en línea]. Google. [Consulta: 12 marzo 2020] Disponible en: <<https://atap.google.com/jacquard/collaborations/levi-trucker/>>
- [9]: *Sensoria Home Page* [en línea]. Sensoria Fitness. [Consulta: 12 marzo 2020] Disponible en: <<https://www.sensoriafitness.com/>>
- [10]: *Owlet Smart Sock 2* [en línea]. Owlet Babycare UK. [Consulta: 12 marzo 2020] Disponible en: <<https://owletbabycare.co.uk/products/owlet-smart-sock>>
- [11]: *Zapatillas de running ua speedform gemini 3 record equipped para mujer: Under Armour* [en línea]. Under Armour. [Consulta: 12 marzo 2020] Disponible en: <<https://www.underarmour.es/es-es/zapatillas-de-running-ua-speedform-gemini-3-record-equipped-para-mujer/1292817.html>>
- [12]: *Linx: Coros* [en línea]. Coros Wearables Inc. [Consulta 12 marzo 2020] Disponible en: <<https://www.coros.com/linx.php>>
- [13]: *Polar* [en línea] Polar. [Consulta 12 marzo 2020] Disponible en: <<https://www.polar.com/es>>
- [14]: *Movesense* [en línea] Movesense [Última consulta 22 junio 2020] Disponible en: <<https://www.movesense.com/>>
- [15]: *Applications Consumer Wearables: Infineon* [en línea] Infineon [Consulta 16 de abril 2020] Disponible en: <https://www.infineon.com/cms/en/applications/consumer/wearables/?gclid=CjwKCAjwlv_0BRAkEiwALFkj5gxpfU0CMmonLujRXO02QKqPY7eESq7c3B9ACrmnGPU35ocWT9_SPxoCOIEQAvD_BwE&ef_id=CjwKCAjwlv_0BRAkEiwALFkj5gxpfU0CMmonLujRXO02QKqPY7eESq7c3B9ACrmnGPU35ocWT9_SPxoCOIEQAvD_BwE:G:s&s_kwcid=AL!719!3!427487428063!b!!g!!>
- [16]: *Xsens Dot: Xsens* [en línea] Xsens [Consulta 16 de abril 2020] Disponible en: <https://www.xsens.com/xsens-dot?utm_term=%2Bwearable%20%2Bsensors&utm_medium=ppc&utm_campaign=%5BEU%5D+-+Categorie+-+Wearable+Sensor+Platform&utm_source=adwords&hsa_cam=8731004373&hsa_src=g&hsa_mt=b&hsa_ver=3&hsa_net=adwords&hsa_tgt=kwd-309932443162&hsa_acc=1306794700&hsa>

[a_grp=86338929525&hsa_kw=%2Bwearable%20%2Bsensors&hsa_ad=409768767997&gclid=CjwKCAjw1v_0BRAkEiwALFkj5ntsESh7top4dQOgiN4WGR3-YK63abjA-_lHsJJeb2H3LaBgfwyphoC4fUQAvD_BwE](https://www.te.com/usa-en/industries/sensor-solutions/applications/sensor-solutions-for-consumer-wearable-applications.html?tab=pgp-product)>

[17]: Industries Sensor Solutions for consumer wearable applications: TE Connectivity [en línea] TE Connectivity [Consulta 16 abril 2020] Disponible en: <<https://www.te.com/usa-en/industries/sensor-solutions/applications/sensor-solutions-for-consumer-wearable-applications.html?tab=pgp-product>>

[18]: IMeasureU Leading Wearable Sports Sensors For Athletes Performance [en línea] I Measure U [Consulta 16 abril 2020] Disponible en: <<https://imeasureu.com/>>

[19]: Solutions Wearables: InvenSense TDK [en línea] InvenSense TDK [Consulta 16 abril 2020] Disponible en: < <https://invensense.tdk.com/solutions/wearables/>>

[20]: MblentLab Wearable Bluetooth 9-axis IMUs & Environmental sensors: MblentLab [en línea] MblentLab [Consulta 16 abril 2020] Disponible en: <<https://mblentlab.com/>>

[21]: Lina M Castano; Alison Flatau Smart Fabric Sensors and e-textiles technologies: A review. *IOP Science* [en línea] 2014 Smart Mater. Struct 23 053001 [Consulta 30 abril 2020] Disponible en: <<http://iopscience.iop.org/0964-1726/23/5/053001>>

[22]: Figuras 5, 6 y 7 [imágenes digitales] Imágenes disponibles en la página web de Tex Lab, Fraunhofer IZM [Consulta 30 abril 2020] Disponible en: <<https://www.izm.fraunhofer.de/>>

[23]: Rafa Vidiel, 'Smart Jacket ': La chaqueta que quiere hacer más seguro el ciclismo. *Ciclosfera* [en línea] Publicado el 26 de Octubre de 2016 [Consulta 30 abril 2020] Disponible en: <<https://www.ciclosfera.com/smart-jacket-vodafone-chaqueta-ciclista/>>

[23]: Figura 8 [imagen digital]. QUS Sports - Body Connected. Imagen en la página web de QUS Sports [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: <<https://www.qus-sports.com/?lang=en>>

[24]: Figura 11 [imagen digital] Imágenes disponibles en el video 'Una chaqueta inteligente que podrá evitar miles de accidentes de ciclistas' de El Futuro es Apasionante de Vodafone [en línea] Publicado el 28 de Agosto de 2016 [Consulta 30 abril 2020] Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=q5lX4u1zA90>>

[24]: Figuras 9 y 10 [imágenes digitales]. Xenoma Inc. Imágenes en la página web de Xenoma [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: <<https://xenoma.com/>>

[25]: Luminous LED intelligent Hi Tech Optical Fabric, Luminous Clothing [en línea] Lumisonata [Consultado 30 abril 2020] Disponible en: <http://www.luminous-clothing.com/ProductDetail/Luminous-led-Intelligent-Hi-Tech-Optical-Fabric_3162.html>

[26]: Figura 56 [imagen digital] Imagen disponible en la página web de Lumisonata [Consultado 30 abril 2020] Disponible en: <http://www.luminous-clothing.com/ProductDetail/Luminous-led-Intelligent-Hi-Tech-Optical-Fabric_3162.html>

[27]: All-Inkjet-Printed Conductive Electronic Textiles, *NBIC+* [en línea] Publicado 15 de agosto del 2019 [Consultado 30 abril 2020] Disponible en:

<<https://statnano.com/news/66657/All-Inkjet-Printed-Conductive-Electronic-Textiles>>

[28]: Nazmul Karim; Shaila Afroj; Siriu Tan; Kostya S. Novoselov; Stephen G. Yeates, All Inkjet-Printed Graphene-Silver Composite Ink on Textiles for Highly Conductive Wearable Electronics Applications, *Scientific Reports* 9, 8035[en línea] 2019 [Consulta 30 abril 2020] Disponible en:

<<https://doi.org/10.1038/s41598-019-44420-y>>

[29]: Figura 57 [imagen digital] Imagen disponible en la página web de NBIC+ [Consulta 30 abril 2020] Disponible en:

<<https://statnano.com/news/66657/All-Inkjet-Printed-Conductive-Electronic-Textiles>>

[30]: F. J. Carrion Fite, Materials pel Disseny de Productes Tèxtils, Poliamida, *UPC* [en línea] Sin fecha de publicación [Consultado en: 8 mayo 2020] Disponible en: <https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=320076/2014/1/54816/poliamida_word-5467.pdf>

[31]: MiChelleE, Poliamida (PA), Blogspot [en línea] Publicado el 7 de abril del 2013 [Consulta 8 mayo 2020] Disponible en:

<<http://todosobrelasfibrassinteticas.blogspot.com/>>

[32]: Desconocido, Poliéster, Blogspot [en línea] Publicado el 8 de abril del 2013 [Consulta 8 mayo 2020] Disponible en:

<http://fibrologia.blogspot.com/2013/04/poliester_8.html>

[33]: ¡Qué es el elastano? [en línea] Ravanetto [Consulta 8 mayo 2020] Disponible en: <<https://www.ravanetto.com/que-es-elastano-textil.html>>

[34]: Todo sobre las propiedades del algodón [en línea] Máster Logística [Consulta 8 mayo 2020] Disponible en:

<[https://www.masterlogistica.es/todo-sobre-las-propiedades-del-algodon/#:~:text=A%20continuaci%C3%B3n%20te%20listo%20las,aumenta%20\(aproximadamente%20un%2015%25\).](https://www.masterlogistica.es/todo-sobre-las-propiedades-del-algodon/#:~:text=A%20continuaci%C3%B3n%20te%20listo%20las,aumenta%20(aproximadamente%20un%2015%25).>)>

[35]: Beneficio de los textiles de bambú [en línea] Toallas personalizadas [Consulta 8 mayo 2020] Disponible en:

<<https://toallas-personalizadas.es/beneficios-textiles-bambu-infografia/>>

[36]: Anuario de Estadísticas Deportivas 2018 [en línea] Ministerio de Cultura y Deporte [Consulta 22 mayo 2020] Disponible en:

<<http://www.culturaydeporte.gob.es/eu/dam/jcr:60cc2b90-2cf9-4e25-aab1-f4f753ea5251/graficos-anuario-de-estad%C3%ADsticas-deportivas-2018.pdf>>

[37]: Fabricante de tejidos técnicos y equipos de protección individual, C. P. Aluart [en línea] C.P. Aluart Technical fabrics S.L. [Consulta 3 junio 2020] Disponible en:

<<https://cpaluart.com/>>

[40]: Figura 31 [imagen digital] Imagen disponible en la página web de CP Aluart [Consulta 3 junio 2020] Disponible en <<https://cpaluart.com/>>

[38]:Coolmax Extreme Fresh, *CP Aluart* [en línea] CP Aluart [Consulta 3 junio 2020] Disponible en: <<https://cpaluart.com/coolmax-extreme-fresh/>>

[39]:Figura 30 [imagen digital] Imagen disponible en la página web de CP Aluart [Consulta 3 junio 2020] Disponible en

<<https://cpaluart.com/coolmax-extreme-fresh/>>

- [41]: D. Ind. Barretto, Técnicas de Indumentaria 1, Estructura de punto 1ª parte, FADU UBA [en línea] [Consulta 8 mayo 2020] Disponible en: <<http://cursos.fadu.uba.ar/apuntes/Indumentaria%20I/unidad%20practica%20n%200%20I/6%20a-%20Estructura%20del%20tejido%20de%20punto-%20primera%20parte.pdf>>
- [42]: D. Ind. Barretto, Técnicas de Indumentaria 1, Estructura de punto 2ª parte, FADU UBA [en línea] [Consulta 8 mayo 2020] Disponible en: <<http://cursos.fadu.uba.ar/apuntes/Indumentaria%20I/unidad%20practica%20n%200%20I/6%20b-%20Estructura%20del%20tejido%20de%20punto-%20segunda%20parte.pdf>>
- [43]: Recomendaciones Nivea Sweat Spots [en línea] nivea [Consulta 8 mayo 2020] Disponible en: <<https://www.nivea.com.mx/recomendaciones/nivea-men/sweat-spots>>
- [44]: La vestimenta: ese gran aliado para la sudoración, Vitonica [en línea] Vitonica [Consulta 8 de mayo 2020] Disponible en: <<https://www.vitonica.com/maximumprotection/la-vestimenta-ese-gran-aliado-para-la-sudoracion>>
- [45]: Tricot, Wikipedia [en línea] Wikipedia Foundation 2020 [Consulta 15 junio 2020] Disponible en: <[https://es.wikipedia.org/wiki/Tricot_\(textil\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Tricot_(textil))> [http://190.15.17.25/kepes/downloads/Revista15_3.pdf]
- [46]: Shima Seiki [en línea] Shima Seiki [Consulta 15 de junio 2020] Disponible en: <<https://www.shimaseiki.com/>>
- [47]: Wholegarment, Shima Seiki [en línea] Shima Seiki [Consulta 15 de junio 2020] Disponible en: <<https://www.shimaseiki.com/wholegarment/>>
- [48]: Miriam-Luisa Gonzalez, Maquina de punto: desarrollo y vigencia en el diseño actual [Consulta 15 de junio 2020] Disponible en: <http://190.15.17.25/kepes/downloads/Revista15_3.pdf>
- [49]: 37 y 38 [imágenes digitales] Imágenes disponibles en la página web de Movesense [Consulta 16 abril 2020] Disponible en: <<https://www.movesense.com/>>
- [50]: Docs, Movesense [en línea] Movesense [Última consulta 22 junio 2020] Disponible en: <<http://www.movesense.com/docs/>>
- [51]: System Overview, Docs, Movesense [en línea] Movesense [Consulta 22 junio 2020] Disponible en: <http://www.movesense.com/docs/system/system_overview/>
- [52]: Suunto, Movesense Device Lib., Bitbucket [en línea] Movesense [Consulta 22 junio 2020] Disponible en: <https://bitbucket.org/suunto/movesense-device-lib/src/master/samples/accelerometer_app/AccelerometerSampleService.cpp>
- [53]: Electrocardiograma, Wikipedia [en línea] Wikipedia Foundation 2020 [Consulta 27 mayo 2020] Disponible en: <[https://es.wikipedia.org/wiki/Electrocardiograma#:~:text=El%20electrocardiograma%20\(ECG%20o%20EKG, en%20forma%20de%20cinta%20continua.>](https://es.wikipedia.org/wiki/Electrocardiograma#:~:text=El%20electrocardiograma%20(ECG%20o%20EKG, en%20forma%20de%20cinta%20continua.>)
- [54]: Figura 99 [imagen digital] Imagen disponible en el artículo de Wikipedia del Electrocardiograma [Consulta 22 junio 2020] Disponible

en:<[\[55\]: Hombre Dri-Fit Running partes de arriba, Nike \[en línea\] Nike \[Consulta 15 junio 2020\] Disponible en:](https://es.wikipedia.org/wiki/Electrocardiograma#:~:text=El%20electrocardiograma%20(ECG%20o%20EKG,en%20forma%20de%20cinta%20continua.></p></div><div data-bbox=)

<[\[56\]: Camisetas técnicas hombre deportivas, Hoko \[en línea\] Hoko Sport \[Consulta 15 junio 2020\] Disponible en:](https://www.nike.com/es/w/hombre-dri-fit-running-partes-de-arriba-32dxrz37v7jz9om13znlk]></p></div><div data-bbox=)

<

[57]: Cuanto cuesta crear una app, YeePLY [en línea] YeePLY [Consulta 20 junio 2020] Disponible en:

<[## Índice de figuras](https://www.yeeply.com/blog/cuanto-cuesta-crear-una-app/></p></div><div data-bbox=)

Figura 1: Diagrama de Gantt.....	9
Figura 2: Gráfica precio/sensores.....	17
Figura 3: Gráfica precio/integración.....	18
Figura 4: Gráfica sensores/profesionalidad.....	19
Figura 5: Unión Force-Fit.....	27
Figura 6: Circuito flexible y bordado.....	27
Figura 7: Adhesivo IC.....	27
Figura 8: Core de QUS y pines force-fit.....	28
Figura 9: Xenoma e-Skin, ejemplo de sensores y electrodos en el tejido.....	28
Figura 10: Xenoma ECG Shirt, ejemplo de electrodos en contacto con el cuerpo.....	28
Figura 11: Vodafone Smart Jacket, en uso (izq) y enseñando algunos componentes (dcha).....	29
Figura 12: Prendas con fibra óptica Lumisonata.....	29
Figura 13: Circuito impreso de la Universidad de Manchester.....	30
Figura 14: Mapa de empatía.....	36
Figura 15: User journey.....	37
Figura 16: Perfil de Usuario.....	38
Figura 17: Gráfico hombres y mujeres.....	42
Figura 18: Gráfico gasto hogares.....	43
Figura 19: Gráfico gente que hace deporte por edades.....	44
Figura 20: Gráfica oportunidad de mercado 1.....	46
Figura 21: Gráfica oportunidad de mercado 2.....	47

Figura 22: Brainstorm.....	50
Figura 23: Ideas tecnologías.....	51
Figura 24: Sketches 1.....	53
Figura 25: Sketches 2.....	54
Figura 26: Interacciones pantallas app.....	56
Figura 27: Conceptos e ideas finales.....	59
Figura 28: Propuesta final.....	62
Figura 29: Render 1.....	63
Figura 30: Render 2.....	64
Figura 31: Perfil fibras Coolmax.....	65
Figura 32: Propiedades de la fibra y tejido Coolmax Eco Made Fresh.....	65
Figura 33: Estructura de malla.....	65
Figura 34: Zona menguados.....	66
Figura 35: Menguados.....	66
Figura 36: Malla cargada.....	67
Figura 37: Frente y espalda de la zona de mayor transpiración.....	67
Figura 38: Conector Movesense Smart.....	68
Figura 39: Conector Movesense Basic.....	68
Figura 40: System Overview.....	71
Figura 41: Posición de los electrodos en un ECG.....	74
Figura 42: Pantalla de inicio.....	75
Figura 43: Menú.....	76
Figura 44: Entrenos.....	77
Figura 45: Selección del deporte.....	78
Figura 46: Durante la actividad.....	79
Figura 47: Retos y objetivos.....	80
Figura 48: Entrenos.....	81
Figura 49: Entrenos desplegado.....	82
Figura 50: Dispositivos.....	83
Figura 51: Perfil de usuario.....	84
Figura 52: Ajustes.....	85
Figura 53: Tutoriales.....	86
Figura 54: Life Cycle Assessment del producto T-Sense.....	87
Figura 55: LCA general del producto.....	88
Figura 56: Colores de la marca.....	91
Figura 57: Logotipo del producto.....	92
Figura 58: Logotipo reducido.....	92

Figura 59: Benchmarking con T-Sense.....	94
--	----

Índice de tablas

Tabla 1: Comparativa productos en el mercado.....	15
Tabla 2: Comparativa tecnologías.....	22
Tabla 3: Comparativa fibras.....	32
Tabla 4: Problemáticas y oportunidades.....	52
Tabla 5: Listado de posibles elementos electrónicos.....	55
Tabla 6: Análisis de las fortalezas, debilidades y oportunidades según el tipo de prenda.....	57
Tabla 7: Tallas y medidas generales.....	61
Tabla 8: Presupuesto del coste de ejecución del proyecto.....	93