

**CREACIÓN DE UN MARCO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE
DISPOSITIVOS WEARABLE A NIVEL ACADÉMICO**



Anteproyecto de Trabajo de Grado

**YESID FELIPE TOMBÉ CASTILLO
JUAN ESTEBAN BEDOYA RAMÍREZ**

Director: MsC. Marlon Felipe Burbano Fernández

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática
Popayán, Marzo de 2017

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2. ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1. Trabajos Relacionados	6
3. APOORTE INVESTIGATIVO	10
4. OBJETIVOS.....	10
4.1. Objetivo General.....	10
4.2. Objetivos Específicos	10
5. METODOLOGÍA, ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA.....	11
5.1. Metodología.....	11
5.2. Actividades	11
5.3. Cronograma de Actividades.....	12
6. RECURSOS, PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN	13
7. CONDICIONES DE ENTREGA	14
8. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	14
9. ACTA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Información estadística de documentos wearable por período.....	4
Figura 2. Diagrama estratégico del análisis realizado en SciMat	5
Figura 3. Cronograma de Actividades.....	13

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características comunes usadas en sistemas HAR clasificadas por dominio	7
Tabla 2. Plan de Actividades	12
Tabla 3. Información de personal.....	13
Tabla 4. Recursos y fuentes de financiación.....	14

LISTA DE ACRÓNIMOS

HAR: Human Activity Recognition (Reconocimiento de Actividad Humana)

ML toolbox: Statistics and Machine Learning Toolbox™ (Toolbox de Estadística y Aprendizaje Automático)

SVM: Supported Vector Machine (Máquina de Vector Soporte)

WPAN: Wireless Personal Area Network (Red Inalámbrica de Área Personal)

FSR: Force-Sensing Resistor (Resistencia Sensible a la Fuerza)

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al gran interés por el estudio de las actividades del cuerpo humano en áreas como la medicina y el deporte, existe la necesidad de un seguimiento con niveles de precisión más altos y continuos que los tradicionales. Por ello, nace el auge de la tecnología wearable¹ en el mundo actual, viéndose un incremento en el número de documentos relacionados con estos dispositivos como se aprecia en la Figura 1. Esto muestra que las personas que investigan y hacen desarrollos en dispositivos hardware han centrado su atención en este tipo de tecnología.

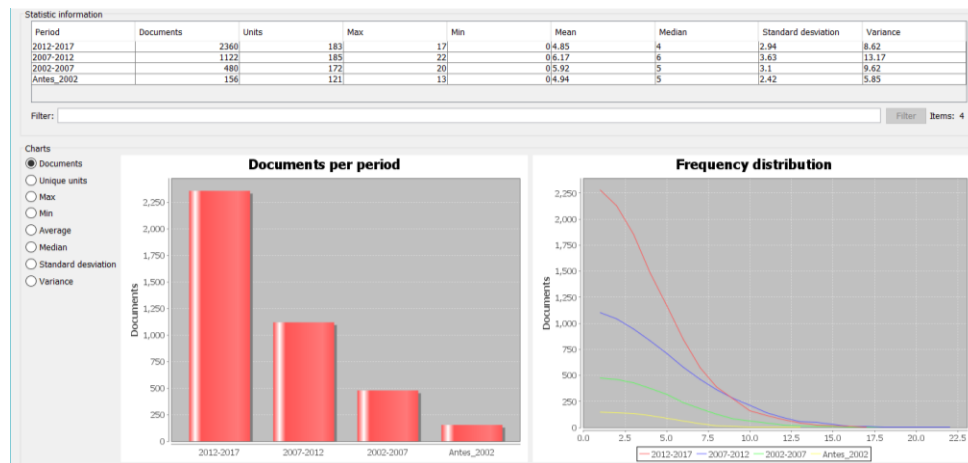


Figura 1. Evolución del número de documentos wearable por período

La información estadística y referencial de las Figuras 1 y 2 se obtuvo mediante los 4118 artículos consultados de la base de datos IEEE X-plore enfocados en la cadena de búsqueda “wearable design” y efectuando el análisis con SciMAT versión 1.1.04 [2]. Los resultados de éste análisis indican que del año 2012 al 2017 los conceptos a tener en cuenta en este trabajo son “Equipment-design”, “Human-factors”, “Optimization”, “Accelerometer”, entre otros, los cuales se aprecian en la Figura 2.

Mediante el programa SciMat se pueden observar artículos afines a cada uno de estos temas en el periodo de tiempo relacionado, los documentos científicos que se han implementado y el rumbo que ha seguido la tecnología wearable.

En este sentido, se ve que en el año 2012 se planteó el trabajo “A Wearable Walking Monitoring System for Gait Analysis” [3], el cual plantea el diseño a nivel hardware y software para el análisis del paso de la planta del pie. Para el mecanismo hardware se usó 4 sensores de fuerza y dos sensores de desplazamiento angular para medir la distribución de la fuerza de la planta del pie, y para el software se usó un algoritmo

¹ La tecnología wearable definida en “Wearable Technology – Market Assessment” [1] son aquellos productos que deben ser usados en el cuerpo del usuario por un período extendido de tiempo, mejorando la experiencia del usuario. De igual modo debe contener circuitería avanzada, conexión inalámbrica y al menos una capacidad mínima de procesamiento independiente.

que detectó 4 etapas diferentes de la fuerza de la planta dando como resultado un sistema capaz de generar el análisis del paso de la planta del pie [3].

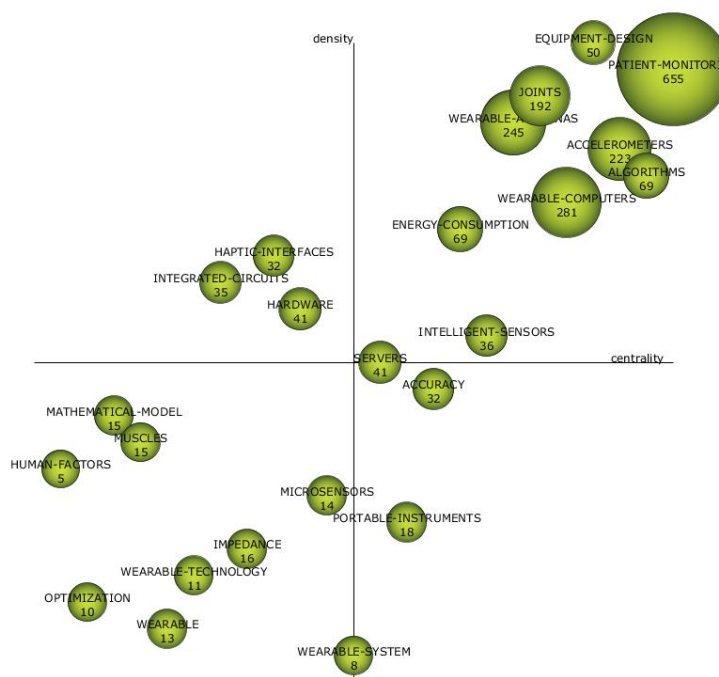


Figura 2. Diagrama estratégico del análisis realizado en SciMat

En el año 2011 en el trabajo *“Wireless System for Monitoring and Real-Time Classification of Functional Activity”* se realizó un diseño de una plataforma de bajo consumo de energía, compacta, inalámbrica y personalizada para monitoreo de actividad wearable utilizando WPAN y smartphones para soportar sensores y hacer mediciones de monitoreo continuo de la actividad en tiempo real. La WPAN consiste de 3 sensores, un smartphone y un transceptor RF ANT [4].

Ciertamente, los artículos que hablan del desarrollo en esta área de la investigación muestran el avance y el desarrollo que se ha obtenido en los últimos años; además de los artículos ya presentados en este documento es adecuado nombrar los siguientes: *“Human Movement Recognition Based on the Stochastic Characterisation of Acceleration Data”*, *“Designing a Robust Activity Recognition Framework for Health and Exergaming Using Wearable Sensors”* y *“A Structured Methodology for the Design and Development of Textile Structures in a Concurrent Engineering Framework”* [5]–[7] los cuales hablan del diseño de dispositivos wearable, algoritmos para la detección de movimientos y la validación de los datos medidos.

Cabe mencionar que el trabajo de grado a realizar presenta un gran interés en censar los movimientos realizados por las extremidades inferiores (piernas y pies) debido a la vinculación de éste con el proyecto de investigación de doctorado del Magister Marlon Felipe Burbano, titulado *“Integración de IoT y MOOC/SPOC desde*

el Wearable Learning” en donde a raíz de la popularidad adquirida en diversas culturas del baile de salsa [8], se pretende capturar los datos generados en el movimiento del baile de estas partes del cuerpo a través de un dispositivo wearable para su posterior análisis y utilización.

A raíz de la vinculación de la tecnología wearable con dispositivos móviles [4], muchos desarrolladores trabajan estos proyectos. Sin embargo según la literatura realizada no se utiliza ninguna clase de metodología o marco metodológico que les brinde una guía para optimizar el proceso de desarrollo, lo que implica obstáculos a la hora de decidir cómo iniciar y desarrollar un proyecto de éstos. En vista de ello, se evidencian inconvenientes como: determinación de parámetros, búsqueda de dispositivos semejantes, análisis de sensores, tecnologías de comunicación, usabilidad, entrega y procesamiento de datos. Algunos retos a superar en el desarrollo de wearables son: uso de batería, refrigeración, networking, interoperabilidad, comunicación y privacidad [9], [10].

Por tal razón se hace necesaria una herramienta útil para el desarrollo de dispositivos wearable con el fin de lograr una mayor eficiencia en la asignación de recursos financieros, físicos, humanos y de tiempo de trabajo. Para abordar este problema se plantea una recopilación y análisis de documentos de investigación basados en el diseño hardware y/o software que contribuyan a la mejora de este proceso.

Teniendo en cuenta el escenario descrito se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo desarrollar un marco metodológico apropiado para el desarrollo de dispositivos wearable a nivel académico?

2. ESTADO DEL ARTE

A continuación se plasman las síntesis de algunos trabajos de investigación donde su tema principal es el desarrollo de dispositivos wearable, enfocando su análisis en aspectos claves que están estrechamente relacionados con el presente trabajo de grado.

2.1. Trabajos Relacionados

En “Mobile Application for Easy Design and Testing of Algorithms to Monitor Physical Activity in the Workplace” [11] se realizan aproximaciones con el uso de técnicas de procesamiento de datos con sus respectivas limitaciones, utilizando sistemas tipo HAR, como la capacidad de procesamiento y batería; en este trabajo se estudian actividades como caminar, subir y bajar escaleras, correr y quedarse sentado mediante sistemas SMV, además de parámetros de calidad para desarrollarlas correctamente. La recolección de datos se lleva a cabo en Android.

Los principales estándares de calidad en sistemas HAR son la robustez interclase e intraclase para mostrar que los parámetros de la misma actividad están agrupados, mientras que los de actividades diferentes no. Todos los parámetros pueden ser clasificados en un dominio como lo indica la Tabla 1.

Tipo	Característica
Tiempo y Estadística	Media, mediana, máxima, mínima, varianza, desviación estándar, correlación cruzada, media cuadrática (RMS), área de magnitud de la señal (SMA), desviación absoluta media (MAD), tiempo entre picos (TBP), máximo delta entre ejes, asimetría, curtosis, desplazamiento.
Frecuencia	Transformada de Fourier discreta (DFT), transformada de coseno discreta (DCT), energía, coeficiente máximo, frecuencia media, asimetría, curtosis, rango intercuartil (IRQ)
Estructural	Autorregresivo (AR)
Transitorio	Tendencia, magnitud del cambio (MOC)

Tabla 1. Características comunes usadas en sistemas HAR clasificadas por dominio

En este artículo se describe el diseño de un sistema wearable con aplicaciones web y aunque expone el proceso de desarrollo no plantea costos y no proporciona la experiencia de la práctica, la cual llega como resultado de su análisis final, más no como una recomendación antes de iniciar la misma.

Por otra parte, en “Development of Gait Segmentation Methods for Wearable Foot Pressure Sensors” [12] se emplean sensores de presión y se describe el funcionamiento de ellos, dando así aportes teóricos y parámetros los cuales se obtienen del dispositivo hecho de un arreglo de 64 sensores optoelectrónicos de presión incorporados en una capa de silicona [13]. Este wearable mide la presión de la planta del pie y transmite los datos de forma inalámbrica al computador.

Se utiliza el “gait model” [12] el cual describe seis diferentes etapas el proceso de análisis del paso del usuario.

De este trabajo se obtiene el diseño de un dispositivo wearable donde se proponen los modelos y las referencias del artículo. Sin embargo no indica una estructura definida que el desarrollador pueda seguir para desplegar un dispositivo de naturaleza similar. Lo que se pretende es adquirir las experiencias de estos documentos y sintetizarlos en el marco metodológico.

En el trabajo “Design for Wearability” [14] se enfocan en el desarrollo de dispositivos wearable adaptables al usuario de tal manera que se localicen, entiendan y definan los espacios del cuerpo humano donde los movimientos no sean interferidos. Como resultado se detallan una serie de directrices de la forma del dispositivo, describiendo recomendaciones para el diseño del wearable:

- Criterios para determinar su posición de acuerdo a la funcionalidad y la accesibilidad.

- Uso del lenguaje del contorno humano para asegurar la cómoda y segura asimilación del dispositivo.
- Priorización de los movimientos del cuerpo humano que influyen en el desarrollo de la forma del wearable.
- Enfatizar en la percepción humana del tamaño del dispositivo para la comodidad y naturalidad del usuario, puesto que el humano percibe objetos externos grandes como una invasión al espacio personal.
- El diseño debe considerar que el tamaño de cada usuario varía de persona en persona, debido a la masa muscular, altura, edad; por tanto se debe diseñar para acoplarse a la mayor cantidad de usuarios posibles.
- Limitación del peso para evitar una incursión agresiva en el cuerpo del usuario.
- Garantizar un entorno amable con el usuario.
- Asegurar medidas de refrigeración.

El anterior trabajo propone guías para el diseño de dispositivos wearable con el fin de garantizar una correcta asimilación con el usuario. A pesar de ello no detalla aspectos técnicos ni un análisis que determine parámetros relevantes de la actividad² a estudiar. Esto plantea la necesidad de establecer un marco metodológico que contemple dichas deficiencias.

En el artículo "A Wearable Walking Monitoring System for Gait Analysis" [3] se presenta tanto el diseño hardware como software para el desarrollo de un sistema de monitoreo al caminar para realizar un análisis de la marcha.

Para el hardware, el mecanismo propuesto es adaptable a diferentes individuos y la portabilidad del diseño hace que sea fácil realizar experimentos al aire libre. Actualmente una forma confiable de analizar la marcha se realiza con el sistema de captura de movimiento VICON y el sistema de placa de fuerza Kistler, que proporcionan información cinética y de coordinación espacial. Sin embargo, el sistema está basado en marcadores, requiriendo que el sujeto se coloque numerosos marcadores en el cuerpo donde a menudo toma más de 1 hora instalarlos. Además, la placa de fuerza está ubicada en el suelo y es necesario que el usuario pise correctamente para obtener buenos resultados. Por todo esto, el sujeto necesita ser entrenado para el experimento y sólo se puede hacer en el laboratorio de movimiento profesional.

Debido a estas razones, muchos estudios tratan de darle soluciones alternativas a este inconveniente. Algunas investigaciones utilizan muchos tipos de sensores, como acelerómetros, giroscopios, sensores de resistencia a la fuerza (FSR), electromiografía (EMG) o combinaciones de ellos, y así construir sistemas portátiles para conducir la investigación de la marcha. Se propone un sistema de monitoreo de la marcha que se puede usar con una combinación de 4 sensores Flexiforce y 2 sensores de desplazamiento de ángulo Burster. El

² La actividad se refiere a las acciones realizadas por el cuerpo humano que puedan ser medidas a través de sensores wearable.

sistema puede adquirir información cinemática y cinética sobre el ciclo de la marcha en plano sagital.

En cuanto al diseño software, se desarrolla un nuevo algoritmo para detectar las dos fases de la marcha y segmentar los cuatro períodos de ésta durante la fase de postura. Además, el centro de la fuerza de contacto con el suelo se calcula sobre la base de las relaciones entre los cuatro sensores Flexiforce. Al final se comparan los resultados experimentales con el sistema de captura de movimiento VICON y la placa de fuerza (Kistler) para su validación [3].

Este trabajo plantea el diseño hardware y software a grandes rasgos de un wearable para el monitoreo de la marcha, evitando al usuario realizar trabajos excesivos logrando buenos resultados. Sin embargo, los pasos que guiaron el desarrollo del dispositivo no se especifican, al igual que los factores que se tuvieron en cuenta para la escogencia de los sensores y el software de procesamiento de datos.

Ahora, en el artículo "Wireless System for Monitoring and Real-Time Classification of Functional Activity" [4] se describe el diseño de una plataforma de baja potencia, compacta, inalámbrica y personalizable para el monitoreo de la actividad corporal. Se centra en el desarrollo de dispositivos sensoriales que apoyan el monitoreo de la salud en el hogar y la comunidad.

En este diseño es de gran importancia la capacidad de lograr una resolución de muestreo espacial y temporal suficiente para la detección de actividad, además de satisfacer las limitaciones de tamaño y duración de la batería del dispositivo. El trabajo busca permitir un monitoreo remoto continuo, mínimamente intrusivo, de los pacientes para reducir la carga cada vez mayor de los proveedores de salud. De acuerdo con el artículo, se utilizan diferentes metodologías para monitorear las actividades funcionales de los usuarios. Algunos incluyen cuestionarios, grabaciones de vídeo, captura de movimiento, entre otras, que a su vez tienen muchas limitaciones en términos de errores de notificación, privacidad, requisitos de energía y facilidad de uso [4].

Para realizar estas tareas se describe un dispositivo sensor que cubra necesidades como: bajo consumo de energía, apoyo a las comunicaciones de campo cercano, plataforma actualizable, fácilmente adaptable al cuerpo humano y bajo costo. Los autores se ven en la tarea de diseñar un dispositivo sensor personalizado que aborde completamente estos requisitos. Se describe el diseño de una red de área personal inalámbrica (WPAN) compuesta por tres sensores, un teléfono inteligente (iPhone) y un dongle de transceptor RF ANT.

Al mismo tiempo se detalla la elección de los componentes del sensor desarrollado, los cuales deben ser de baja potencia y con interfaces de comunicaciones que se acoplen al microcontrolador y al smartphone. Igualmente se define la construcción de la WPAN, selección del teléfono inteligente, protocolos de exploración y descubrimiento, inicialización y configuración de los sensores, desarrollo de la aplicación e interfaz gráfica de usuario. El sensor es accionado por una batería tipo moneda CR2032 de 3 voltios. Se realizan cálculos

de duración y se optimiza con un control “sleep”. Además de esto, se crea un prototipo de gabinete con ayuda de herramientas CAD y una impresora 3D, donde se alojará el circuito impreso [4].

Es muy interesante este trabajo ya que plantea la búsqueda y posterior desarrollo de un dispositivo wearable con requerimientos primordiales de hoy en día, como el bajo consumo de energía, portabilidad y la inmersión en Internet; además de esto, nos indica algunos parámetros para la elección de sus componentes. No obstante, hace falta identificar y definir una metodología detallada que sirva de referencia para posteriores mejoras al dispositivo o el diseño de uno nuevo. La experiencia en el diseño y desarrollo del wearable contribuye en la elaboración de este trabajo de grado.

3. APOORTE INVESTIGATIVO

Los aportes más significativos de este trabajo de grado son:

- Elaboración de un marco metodológico que facilite el desarrollo de proyectos relacionados con dispositivos wearable.
- Análisis del marco metodológico que permita valorar la eficacia en la elaboración de un dispositivo wearable en relación a las diferentes limitantes encontradas durante el trabajo de grado.
- Implementación y evaluación del marco metodológico en condiciones reales mediante el diseño del prototipo de un dispositivo wearable acorde a requerimientos previos.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- **Crear** un marco metodológico³ para el desarrollo de dispositivos wearable a nivel académico que permita implementar un prototipo funcional con criterios de calidad.

4.2. Objetivos Específicos

- Explorar en la literatura aspectos relevantes que estén dirigidos al desarrollo de aplicaciones (hardware y/o software) que permitan construir el marco metodológico propuesto.

³ Aproximación para hacer de forma explícita y estructural una tarea determinada [15].

- Diseñar el marco metodológico con base en los lineamientos del objetivo 1 que se ajusten al desarrollo de dispositivos wearable.
- Implementar un prototipo funcional de un dispositivo wearable utilizando el marco metodológico diseñado previamente.
- Evaluar el marco metodológico propuesto.

5. METODOLOGÍA, ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA

5.1. Metodología

Para dar respuesta **al problema** de investigación y cumplir los objetivos trazados para el desarrollo del proyecto, se basará en el “Modelo Integral para el Profesional en Ingeniería” [16], el cual contiene los siguientes modelos de desarrollo que se adaptan al trabajo de grado:

- Modelo para la Investigación Científica: que trata de una *“referencia metodológica esencial para cualquier colectivo universitario de una Facultad de Ingeniería que desee generar conocimiento socialmente no existente y que sea útil para el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad, contribuyendo al bienestar individual y colectivo”* [16].
- Modelo para la Construcción de Soluciones: que brinda según el autor herramientas para *“construir una solución de calidad, oportuna y con costos competitivos y sobretodo que pretenda contribuir a la creación y enriquecimiento de la base de conocimiento/experiencia institucional”* [16].

5.2. Actividades

Actividades Objetivo 1	
Actividad 1	Exploración de marcos metodológicos, proyectos de investigación y desarrollo afines al diseño hardware y/o software.
Actividad 2	Selección de los documentos de la actividad 1 que contribuyan al marco metodológico propuesto.
Actividad 3	Análisis de resultados de la actividad 2 y extracción de los aspectos que influyan en el desarrollo de un dispositivo wearable.
Actividad 4	Integración de la información recolectada.
Actividades Objetivo 2	

Actividad 5	Estructuración ⁴ del marco metodológico propuesto.
Actividad 6	Creación ⁵ del marco metodológico propuesto.
Actividades Objetivo 3	
Actividad 7	Desarrollo de actividades dispuestas por el marco metodológico diseñado en este proyecto.
Actividad 8	Implementación de un prototipo de dispositivo wearable con base en el marco metodológico previamente diseñado. (Proyecto vinculado al trabajo de investigación de doctorado para el desarrollo de un dispositivo wearable de medición de movimientos del pie en un baile de Salsa).
Actividad 9	Pruebas del prototipo.
Actividad 10	Evaluación del prototipo de acuerdo al escenario planteado.
Actividades Objetivo 4	
Actividad 11	Evaluación del marco metodológico.
Actividad 12	Refinamiento del marco metodológico.
Actividades Complementarias	
Actividad 13	Elaboración y entrega del documento final.
Actividad 14	Elaboración y publicación del artículo.

Tabla 2. Plan de Actividades

5.3. Cronograma de Actividades

⁴ Disposición, organización y distribución correcta de las partes que componen el marco metodológico con el fin de darle una forma básica.

⁵ Formación o articulación de los elementos del marco metodológico de acuerdo a la estructura definida previamente, manteniendo coherencia entre ellos.

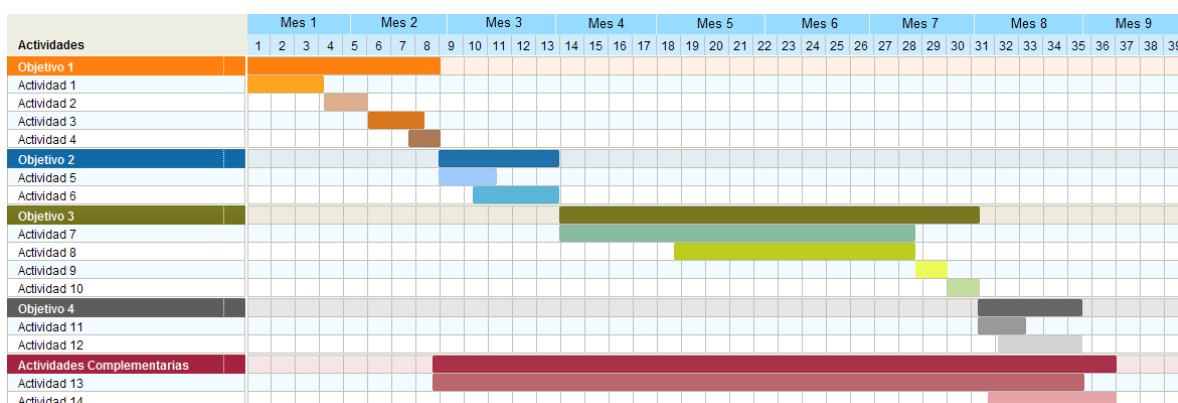


Figura 3. Cronograma de Actividades

6. RECURSOS, PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Los valores calculados necesarios para el desarrollo del presente trabajo de grado, de acuerdo con los criterios de referencia para la elaboración de presupuesto del Comité de investigaciones de la FIET, para un tiempo de 36 semanas se describen en la Tabla 3.

Investigador	Dedicación (h/semana)	Número Semanas	Puntos pregrado	Valor punto año 2017 (\$)
Director	2	36	2.5	12.120
Estudiante	30	36	1.5	12.120

Tabla 3. Información de personal

RUBROS	FUENTES		TOTALES
	ESTUDIANTE	DEPARTAMENTO	
1. Recursos Humanos			
a) Director		\$2.181.600	\$2.181.600
b) Estudiante	\$19.634.400		\$19.634.400
2. Recursos Técnicos			
a) Recursos Hardware			
a. Utilización PC	\$652.000		
b. Utilización Impresora	\$100.000		
c. Mantenimiento	\$200.000		
d. Wearables	\$4.000.000		
b) Recursos Software			

a. Software de simulación	\$0		
c) Recursos bibliográficos			
a. Bibliografía	\$300.000		
d) Recursos varios			
a. Papel, tinta, discos	\$100.000		
b. Viajes y presentación de resultados	\$1.000.000		
SUBTOTAL	\$25.986.400	\$2.181.600	\$28.168.000
3. Comunicaciones	\$519.728	\$43.632	\$563.360
4. AUI	\$5.301.226	\$445.046	\$5.746.272
TOTAL	\$31.807.354	\$2.670.278	\$34.477.632
Porcentajes	92.25%	7.75%	100%

Tabla 4. Recursos y fuentes de financiación

Comunicaciones: corresponde al 2% del subtotal.

AUI: indica el valor por infraestructura física y administrativa, además de una reserva para imprevistos. Corresponde al 20% del nuevo subtotal.

7. CONDICIONES DE ENTREGA

Al término de este trabajo de grado se realiza la entrega de:

- Archivos correspondientes a los subproductos propios del desarrollo propuesto (simulaciones, códigos fuentes, graficas, entre otros).
- Marco metodológico.
- Prototipo funcional wearable.
- Documento final del trabajo de grado y anexos impresos.
- Artículo del trabajo de grado.
- Copia en medio óptico (CDs) de los documentos resultantes del proceso de elaboración del trabajo de grado.
- Una sustentación pública de los resultados más importantes del trabajo de investigación.

8. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] S. Walker, «Wearable technology—market assessment», *IHS Electron. Media*, 2013.
- [2] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, y F. Herrera, «SciMAT: A new science mapping analysis software tool», *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 63, n.º 8, pp. 1609-1630, ago. 2012.

- [3] Tsung-Han Hsieh, An-Chih Tsai, Cha-Wei Chang, Ka-Hou Ho, Wei-Li Hsu, y Ta-Te Lin, «A wearable walking monitoring system for gait analysis», 2012, pp. 6772-6775.
- [4] P. M. Butala, Y. Zhang, T. D. C. Little, y R. C. Wagenaar, «Wireless system for monitoring and real-time classification of functional activity», 2012, pp. 1-5.
- [5] M. Munoz-Organero y A. Lotfi, «Human Movement Recognition Based on the Stochastic Characterisation of Acceleration Data», *Sensors*, vol. 16, n.º 9, 2016.
- [6] N. Alshurafa *et al.*, «Designing a Robust Activity Recognition Framework for Health and Exergaming Using Wearable Sensors», *IEEE J. Biomed. Health Inform.*, vol. 18, n.º 5, pp. 1636-1646, sep. 2014.
- [7] R. Rajamanickam, S. Park, y S. Jayaraman, «A Structured Methodology for the Design and Development of Textile Structures in a Concurrent Engineering Framework», *J. Text. Inst.*, vol. 89, n.º 3, pp. 44-62, ene. 1998.
- [8] J. Bosse, «Salsa Dance and the Transformation of Style: An Ethnographic Study of Movement and Meaning in a Cross-Cultural Context», *Dance Res. J.*, vol. 40, n.º 01, pp. 45-64, 2008.
- [9] T. Starner, «The challenges of wearable computing: Part 1», *IEEE Micro*, vol. 21, n.º 4, pp. 44-52, ago. 2001.
- [10] T. Starner, «The challenges of wearable computing: Part 2», *IEEE Micro*, vol. 21, n.º 4, pp. 54-67, ago. 2001.
- [11] S. Spinsante, A. Angelici, J. Lundström, M. Espinilla, I. Cleland, y C. Nugent, «A Mobile Application for Easy Design and Testing of Algorithms to Monitor Physical Activity in the Workplace», *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2016, pp. 1-17, 2016.
- [12] S. Crea *et al.*, «Development of gait segmentation methods for wearable foot pressure sensors», 2012, pp. 5018-5021.
- [13] S. M. M. De Rossi *et al.*, «Development of an in-shoe pressure-sensitive device for gait analysis», 2011, pp. 5637-5640.
- [14] F. Gemperle, C. Kasabach, J. Stivoric, M. Bauer, y R. Martin, «Design for wearability», 1998, pp. 116-122.
- [15] J. Andrade, S. Rodríguez, M. Seoane, y S. Suárez, «Knowledge Management Systems Procedural Development», en *Encyclopedia of Artificial Intelligence*, IGI Global, 2009, pp. 975-981.
- [16] C. E. S. Castaño, *Modelo integral para el profesional en ingeniería*. Universidad del Cauca, 2005.

9. ACTA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

UNIVERSIDAD DEL CAUCA FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

ACTA DE ACUERDO SOBRE LA PROPIEDAD INTELECTUAL DEL TRABAJO DE GRADO

En atención al acuerdo del Honorable Consejo Superior de la Universidad del Cauca, número 008 del 23 de Febrero de 1999, donde se estipula todo lo concerniente a la producción intelectual en la institución, los abajo firmantes, reunidos el día ____ del mes de _____ de _____ en el salón del Consejo de Facultad, acordamos las siguientes condiciones para el desarrollo y posible usufructo del siguiente proyecto.

Materia del acuerdo: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones.

Título del proyecto: Creación de un marco metodológico para el desarrollo de dispositivos wearable a nivel académico

Objetivo de la Tesis: Creación de un marco metodológico para el desarrollo de dispositivos wearable a nivel académico que permita implementar un prototipo funcional con criterios de calidad.

Duración de la Tesis: Nueve (9) meses.

Cronograma de actividades: Según lo señalado en el punto 5 literal 3 del presente documento.

Término de vinculación de cada partícipe en el mismo: Hasta la finalización del proyecto.

Organismo financiador: Según lo establecido en el punto 6 del presente documento.

Los participantes de la proyecto son: Los señores estudiantes de pregrado Juan Esteban Bedoya Ramírez y Yesid Felipe Tombé Castillo, identificados con la cédula de ciudadanía número 1'061.783.816 de Popayán y 1'061.739.738 de Popayán, a quienes en adelante se les llamará "estudiantes", el ingeniero MsC. Marlon Felipe Burbano Fernández en calidad de Director del trabajo de grado, identificado con la cédula de ciudadanía 10'297.491 de Popayán, a quien en adelante se le llamará "docente", y la Universidad del Cauca, representada por el ingeniero Oscar Josué Calderón Cortés identificado con la cédula de ciudadanía 12'139.176 de Neiva en su calidad de Decano de la FIET, manifiestan que:

1.- La idea original del proyecto es del docente, quien presentó la propuesta al Departamento de Telemática, que la aceptó como tema para el proyecto de grado en referencia.

2.- La idea mencionada fue acogida por los estudiantes como proyecto para obtener el grado de ingenieros en Electrónica y Telecomunicaciones, quienes la desarrollarán bajo la dirección del docente.

3.- Los derechos intelectuales y morales corresponden al docente y a los estudiantes.

4.- Los derechos patrimoniales corresponden al docente, a los estudiantes y a la Universidad del Cauca por partes iguales y continuarán vigentes, aún después de la desvinculación de alguna de las partes de la Universidad.

5.- Los participantes se comprometen a cumplir con todas las condiciones de tiempo, recursos, infraestructura, dirección, asesoría, establecidas en el anteproyecto, a estudiar, analizar, documentar y hacer acta de cambios aprobados por el Consejo de Facultad, durante el desarrollo del proyecto, los cuales entran a formar parte de las condiciones generales.

6.- Los estudiantes se comprometen a restituir en efectivo y de manera inmediata a la Universidad los aportes recibidos y los pagos hechos por la Institución a terceros por servicios o equipos, si el comité de Investigaciones declara suspendido el proyecto por incumplimiento del cronograma o de las demás obligaciones contraídas por el estudiante; y en cualquier caso de suspensión, la obligación de devolver en el estado en que les fueron proporcionados y de manera inmediata, los equipos de laboratorio, de cómputo y demás bienes suministrados por la Universidad para la realización del proyecto.

7.- El docente y los estudiantes se comprometen a dar crédito a la Universidad y de hacer mención del Fondo de Fomento de Investigación, en los informes de avance y de resultados, y en registro de éstos, cuando ha habido financiación de la Universidad o del Fondo.

8.- Cuando por razones de incumplimiento, legalmente comprobadas, de las condiciones de desarrollo planteadas en el anteproyecto y sus modificaciones, alguno de los participantes deba ser excluido del proyecto, los derechos aquí establecidos concluyen para él. Además se tendrán en cuenta los principios establecidos en el reglamento estudiantil vigente de la Universidad del Cauca en lo concerniente a la cancelación y la pérdida del derecho a continuar estudios.

9.- El documento del anteproyecto y las actas de modificaciones si las hubiere, forman parte integral de la presente acta.

10.- Los aspectos no contemplados en la presente acta serán definidos en los términos del acuerdo 008 del 23 de febrero de 1999 expedido por el Consejo

Superior de la Universidad del Cauca, del cual los participantes del acuerdo aseguran tener pleno conocimiento.

Marlon Felipe Burbano F.
Director

Yesid Felipe Tombé C.
Estudiante

Juan Esteban Bedoya R.
Estudiante

Oscar Josué Calderón C.
Decano Facultad