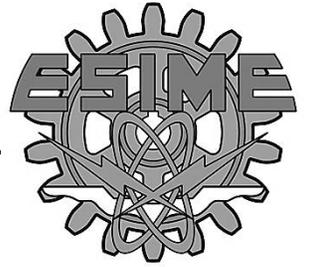




INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN**

**“SISTEMA DE SENSADO Y PERCEPCIÓN NO INVASIVA DEL ENTORNO,
DISEÑADO PARA CICLISTA Y MOTOCICLISTAS”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y
ELECTRÓNICA**

**PRESENTA:
JOVANY GIL GARCIA**

**ASESORES:
ING. MARIA AURORA MOLINA VILCHIS
ING. IGNACIO MONROY OSTRIA**

IPN
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN

TESIS INDIVIDUAL

Que como prueba escrita de su Examen Profesional para obtener el Título de **INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA** deberá desarrollar el C.:

JOVANY GIL GARCIA

“SISTEMA DE SENSADO Y PERCEPCION NO INVASIVA DEL ENTORNO DISEÑADO PARA CICLISTAS Y MOTOCICLISTAS”.

Justificación del trabajo:

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan las grandes ciudades es la movilidad, y esto se busca mitigar con el uso de nuevos medios de transporte, pero para el uso de estos medios son necesarias políticas públicas que ayuden a su mayor aprovechamiento y masificación.

En ciudades como Berlín, Madrid, Zúrich y demás ciudades, europeas principalmente, el uso de medios de transporte se comenzó a utilizar debido a las grandes políticas públicas que tuvieron sus países, se crearon leyes que protegieran a los ciclistas, se construyeron ciclo-vías, además de bici-estacionamientos y demás infraestructura que permitiera que la población en general usara dichos medios de transporte.

En contraste en ciudades como la Ciudad de México, se está comenzando a ver la necesidad que ya tenemos, pero además del apoyo gubernamental es necesario que las empresas privadas apoyen al desarrollo de estos medios de transporte, además de la infraestructura y leyes es necesario que desarrollen tecnología que nos ayude a paliar la falta de leyes y la poca cultura vial que tenemos como ciudad.

CAPITULADO

Capítulo 1. Tecnología vestible y ropa inteligente (wereable).

Capítulo 2. Elementos básicos de la tecnología weareable.

Capítulo 3. Diseño del sistema wearable.

Capítulo 4. Implementación y desarrollo del sistema wereable.

México D. F., a 17 de julio de 2015

ING. MARIA AURORA MOLINA VILCHIS
PRIMER ASESOR

ING. IGNACIO MONROY OSTRIA
SEGUNDO ASESOR

ING. FELICIANO PRIMO ISIDRO CRUZ
JEFE DE LA CARRERA DE I.C.E.

M. EN C. HECTOR BECERRIL MENDOZA
SUBDIRECTOR ACADEMICO

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional

Por ser piedra angular en mi desarrollo profesional y brindarme herramientas de análisis para mi vida entera.

A la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Por permitir desarrollar mis habilidades técnicas y darme el enfoque profesional que necesité.

M. en C. María Aurora Molina Vilchis

Por ser una guía profesional y personal, mentora y razón de cambio, gracias por creer en mí y ayudarme a desarrollar lo mejor de mí.

A mi familia

Por ser los cimientos de mi persona, sería absurdo tratar de poner en letras la gratitud por toda la disciplina, la claridad con la que me hicieron ver el mundo, el sentido de responsabilidad, etc. Solo espero algún día ser capaz de regresarle una pequeña parte de lo mucho que dieron por mí.

A mi país

Por brindarme todas las oportunidades a las que he tenido acceso, por permitirme ver las carencias que padece, espero ser capaz de ayudar a tantas personas como mi capacidad me lo permita.

Índice General

Capítulo 1. Tecnología vestible y ropa inteligente (wereable).....	1
1.1 Definición.....	1
1.2 Antecedentes históricos.....	2
1.3 Estado del arte.....	4
1.4 Planteamiento del problema.....	6
1.5 Propuesta.....	7
1.6 Metodología.....	8
1.7 Recursos.....	8
1.8 Problemas a enfrentar.....	9
Capítulo 2. Elementos básicos de la tecnología weareable.....	11
2.1 Sensores.....	11
2.1.1 Sensor ultrasónico.....	13
2.2 Actuadores.....	15
2.2.1 Motor de Corriente Directa.....	15
2.3 Tarjetas inteligentes.....	17
2.3.1 Componentes.....	18
2.3.2 Micro controlador.....	18
2.3.3 Computadoras en una simple tarjeta.....	19
2.4 Sistemas operativos.....	22
2.4.1 Sistema operativo Linux para RaspberryPi.....	23
2.5 Lenguajes de programación.....	23
2.5.1 Python.....	24
2.6 Comunicación inalámbrica con internet.....	25
2.6.1 WiFi.....	25
2.6.2. Tecnologías 3G y 4G.....	26
2.6.3 SSH.....	28
2.6.4 TCP/ IP.....	29
Capítulo 3. Diseño del sistema wearable.....	31
3.1 Requisitos del sistema.....	31

3.1.1 Requisitos eléctrico-electrónicos.....	32
3.1.2 Requisitos de los sensores y actuadores.....	33
3.1.3 Requisitos de la comunicación.	33
3.2 Modelado general de los sistemas.....	33
3.3 Selección de componentes.	36
3.3.1 Sensores.....	36
3.3.2 Procesamiento.....	37
3.3.3 Alimentación.	38
3.3.4 Módulos de comunicación wifi.	39
3.3.5 Prenda para montaje del sistema.	40
3.4 Análisis y respuesta de los componentes.	40
3.5 Adecuaciones o ajustes al diseño.	42
3.6 Consideraciones preliminares para el desarrollo del software.	42
3.7 Consideraciones preliminares para la implementación.	43
Capítulo 4. Implementación y desarrollo del sistema wereable.....	45
4.1 Armado de los circuitos.....	45
4.2 Interfaz de diseño y ejecución de software.	46
4.3 Pruebas en laboratorio.....	48
4.4 Prueba de los circuitos en las condiciones de operación reales.	48
4.5 Programación del algoritmo para la interacción de los sensores y actuadores.	49
4.6 Programación.....	51
4.7 Montaje en la prenda.	52
4.8 Prueba de la prenda por un motociclista.	53
Conclusiones.....	56
Recomendaciones.....	58
Apéndice A, Glosario de términos	60
Apéndice B comandos de Python	62
Referencias	65

Índice de figuras

Capítulo 1 Tecnología vertible y ropa inteligente (wereable).

Figura 1.1. Muestra de tecnología wearable.....	2
Figura 1.2 Chamarra Philips and Levi´s ICD.....	4
Figura 1.3 Chamarra e interfaz de Ermenegildo Zegna iJacket.....	4
Figura 1.4 Adidas self adpating shoes.....	5
Figura 1.5 Levi´s Jeans.....	5
Figura 1.6 Imagen de tres personas portando la Life Shirt	6
Figura 1.7 a) Chamarra Leah Buechle izquierda, b) chamarra visijax derecha.....	6

Capítulo 2 Elementos básicos de la tecnología wereable

Figura 2.1 Proceso de sensado en personas.....	13
Figura 2.2 Factor de corrección S necesario para los sensores ultrasónicos.....	13
Figura 2.3 Dimensiones físicas de sensor ultrasónico HC-RS04.....	14
Figura 2.4 Funcionamiento del sensor HC-RS04.....	14
Figura 2.5 Componentes de un motor de CD.....	17
Figura 2.6 Motor excéntrico con masa vibratoria.....	17
Figura 2.7 Componentes internos de un microcontrolador.....	19
Figura 2.8 Raspberry pi y periféricos compatibles.....	21
Figura 2.9 Tarjeta Galileo.....	22
Figura 2.10 Sistemas operativos actuales.....	23
Figura 2.11 Funcionamiento de SSH.....	28
Figura 2.12 Protocolo SSH y su relación TCP/IP.....	28

Capítulo 3 Diseño del sistema wearable

Figura 3.1 Proceso de funcionamiento de todo el sistema.....	34
--	----

Figura 3.2 Sensado mediante sensores ultrasónicos, tiempos y secuencia.	34
Figura 3.3 Diagrama de flujo de etapa de procesamiento.....	35
Figura 3.4 Sensor ultrasónico HC-RS04.....	37
Figura 3.5 Tarjeta inteligente RaspberryPi.....	38
Figura 3.6 Batería Duracell DR7000.....	39
Figura 3.7 Modulo wifi tenda.....	39
Figura 3.8 Chamarra Wolfbike Fleece.....	40
Figura 3.9 Interfaz de usuario.....	41
Figura 3.10 Respuesta de los sensores.....	41
Figura 3.11 Imagen de los tres actuadores.....	42
 Capítulo 4 Implementación y desarrollo del sistema wereable.	
Figura 4.1 Diagrama de conexión de todo el sistema.....	46
Figura 4.2 Circuito armado con todos los componentes conectados.....	46
Figura 4.3 Reconocimiento del módulo wifi por la tarjeta RaspberryPi.....	47
Figura 4.4 Conexión de tarjeta con módulo wifi a red existente.....	47
Figura 4.5 Conexión de la batería portatil.....	48
Figura 4.6 Sistemas operativos compatibles con RaspberryPi.....	49
Figura 4.7 Programas pre-instalados en RaspberryPi.....	50
Figura 4.8 Interfaz de usuario de interfaz SSH.....	51
Figura 4.9 Código de programa.....	52
Figura 4.10 Adecuaciones de la prenda para montaje de los elementos...	52
Figura 4.11 Cámara para fines prácticos y vehículo cerca.....	54
Figura 4.12 Reacción del sistema ante el peligro.....	54

Índice de tablas

Tabla 2.1 Diseño de actuadores rotatorios.....	15
Tabla 2.2 Velocidades estándar IEEE 802.11.....	26
Tabla 3.1 Sensores de proximidad.....	37
Tabla 3.2 Tarjetas inteligentes.....	38
Tabla 3.3 Baterías portables.....	38
Tabla 3.4 Módulos de comunicación wifi.....	39
Tabla 3.5 Prendas para montaje del sistema.....	40
Tabla 4.1 Tabla comparativa de mediciones del sistema vs medición con flexómetro.....	48

Objetivo general:

Desarrollar una prenda capaz de identificar riesgos de colisión con automóviles, personas, objetos y tránsito vehicular para ciclistas o motociclistas, aplicando el concepto de internet de las cosas.

Objetivos específicos:

1. Determinar un método de señalización no invasivo para el conductor, instalado en una chamarra para motociclista.
2. Acoplar los sistemas electrónicos a una prenda incorporando funcionalidad y ergonomía.
3. Implementar un algoritmo en la RaspberryPi, apto para la detección y determinación de posibles colisiones.
4. Incorporar un módulo de comunicación WiFi para enviar y recibir información por medio de una conexión a la web.

Justificación

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan las grandes ciudades es la movilidad, esto se busca mitigar con el uso de nuevos medios de transporte, pero para el uso de estos nuevos medios de transporte son necesarias políticas públicas que ayuden a su mayor aprovechamiento y masificación.

En ciudades como Berlín, Madrid, Zúrich y demás ciudades, principalmente europeas, el uso de nuevos medios de transporte se comenzó a utilizar debido a las grandes políticas públicas que tuvieron sus países, se crearon leyes que protegieran a los ciclistas, se construyeron ciclo-vías, además de bici-estacionamientos y demás infraestructura que permitiera que la población en general usara dichos medios de transporte.

En contraste en ciudades como la Ciudad de México, se está comenzando a ver la necesidad del uso de nuevos medios de transporte, pero además del apoyo gubernamental es necesario que las empresas privadas apoyen al desarrollo de estos medios de transporte, aunado a la infraestructura y leyes es necesario desarrollar tecnología que nos ayude a paliar la falta de cultura vial y las pocas políticas públicas que tenemos como ciudad.

Introducción

En la actualidad la movilidad en zonas urbanas representa un grave problema, ciudades con alto crecimiento como la ciudad de México, donde se presentan múltiples embotellamientos, saturación de redes viales, etc. necesitan de medios de transporte alternativos como lo es el uso de motocicletas y bicicletas.

El aumento de la cantidad de personas que usan medios de transporte alternativos traen consigo un gran número de problemas, el de mayor relevancia es la poca seguridad que las avenidas y calles brindan a ciclistas y motociclistas, ya que en la actualidad existe un número muy reducido de ciclo vías o carriles confinados donde un ciclista puede transitar sin temor a ser atropellado por los vehículos automotores.

Los grandes avances tecnológicos que se tienen en la actualidad nos dejan ver que el desarrollo de seguridad y protección se enfoca totalmente a la seguridad en vehículos automotores, pero ¿Qué pasa con los otros medios de transporte?, existen muy pocos desarrollos enfocados a salvaguardar la integridad física de los usuarios de medios de transporte alternativos.

Existen una gran vertiente en el desarrollo tecnológico que nos permite aprovechar al máximo el potencial de internet y ayudar a salvar vidas, este desarrollo es la tecnología vestible (*wearable*), este tipo de tecnología nos faculta para integrar sensores que nos permitan detectar el entorno, actuadores que brinden señalizaciones y respuestas a eventos determinados (posible choque o peligro), elementos de comunicación que permitan el envío y recepción de datos, procesamiento que es la capacidad que tiene un sistema para tomar decisiones autónomamente y todo esto integrados amigablemente en una prenda de vestir de uso cotidiano, con el fin de salvaguardar la integridad del usuario y generar políticas públicas, carriles confinados, etc.

Como solución a toda la problemática planteada se diseñó un sistema capaz de generar una burbuja que sense el entorno y permita identificar posibles riesgos de colisión o algún otro peligro para el ciclista, dicho sistema tiene la característica de no ser invasivo a ningún sentido esencial para la conducción de bicicletas o motocicletas, esto es: la señalización al usuario no es por medios luminosos o sonoros, se realiza con vibradores posicionados en partes estratégicas de la chamarra y por ende del cuerpo humano, además permite que toda la información recopilada por los sensores sea enviada a través de internet y tener un registro histórico de los eventos.

Finalmente se generó un prototipo del sistema propuesto, totalmente funcional que brinda señalizaciones no invasivas al ciclista, todo se montó en una prenda diseñada para ciclista de una marca especializada en ciclismo, con la comunicación

directa a una tablet, como elemento colector de información, todo esto gracias a un sensado ultrasónico que se programó a una distancia de 2 metros.

Para lograr el desarrollo adecuado del prototipo, la metodología empleada consistió en seleccionar los elementos que cumplieran con características para ser montados en una prenda, verificar que los elementos seleccionados fueran compatibles entre sí (voltaje, tipo de comunicación, etc.), programar un algoritmo que permitiera la correcta interacción de todos los elementos entre si y además conectarlos al mundo entero a través de internet.

La tesis está estructurada de la siguiente forma. En el capítulo 1 se presenta un panorama general de la tecnología vestible en la actualidad y como se ha desarrollado hasta nuestros días. En el capítulo 2 se desarrollan todos los elementos que se requirieron para el diseño del prototipo anteriormente descrito. En el capítulo 3 se tratan los temas relacionados con el diseño que fueron necesarios para culminar el prototipo. El capítulo 4 está enfocado a la implementación, de cómo se llevó a cabo el desarrollo del sistema, la generación del algoritmo y las pruebas realizadas al prototipo. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones a los usuarios.

Capítulo 1

**Tecnología vestible y ropa
inteligente
(Wearable)**

Capítulo 1. Tecnología vestible y ropa inteligente (wearable).

Resumen

En este capítulo se presenta una semblanza general, de los antecedentes históricos que existen en la tecnología vestible, los avances que se han tenido a lo largo del tiempo y las marcas que han aprovechado estas nuevas tecnologías además de los componentes que la integran.

1.1 Definición

La tecnología vestible se refiere a tecnologías, computadoras, etc. que son insertadas en un espacio personal del usuario y es controlada por el mismo. Tiene dos constantes básicas que son la operación y la interacción. La característica más notable, es que el dispositivo esta siempre o la mayor parte del tiempo con el usuario para que este pueda ejecutar comandos y tomar decisiones en el dispositivo mientras realiza cualquier otra actividad [1].

La ropa inteligente o (*smarth clothing*), son sistemas capaces de sensar y comunicarse con el entorno y el usuario, con respuestas que pueden ser eléctricas, termales, mecánicas, químicas, magnéticas, lumínicas o sonoras [2].

El sistema de una prenda inteligente está integrado por: una interfaz, componentes de comunicación, manejo de datos, manejo de energía y circuitos integrados [3].

- La interfaz es el medio para enviar y recibir información entre el usuario y los dispositivos o el entorno.
- Los componentes de comunicación son los encargados de trasferir la información entre dispositivos.
- El manejo de información se refiere específicamente al almacenamiento de la información y el procesamiento de la misma.
- El manejo de la energía relaciona la fuente de energía y el almacenamiento de la misma.
- Los circuitos electrónicos son elaborados en miniatura hechos de semiconductores o de sustratos.

La ropa inteligente requiere de desarrollos multidisciplinarios que incluyen: textiles, tecnologías de la información, electrónica y robótica. La ropa inteligente puede proveer servicios útiles en múltiples áreas como el cuidado de la salud y en el campo de batalla, entre otras. La ropa inteligente puede ser diseñada para llevar a cabo

ciertas funciones y darle soporte a ciertas actividades muy específicas, como deportes, salud, ropa de guerra, etc.

Existen diversas áreas de desarrollo para esta tecnología por ejemplo:

- El área militar; donde se usan cascos con monitores, sensores de luz, GPS, etc.
- En el área industrial, se usa para sensar el funcionamiento de maquinaria, dar órdenes de operación y mostrar manuales de usuario.
- Área médica, la tecnología wearable es usada para medir signos vitales, sensores para pacientes que llaman automáticamente a la ambulancia, incluso existe un desfibrilador que detecta anomalías en el corazón y las corrige con una descarga eléctrica a los pacientes.
- Moda y entretenimiento, en esta área se usa en reproductores de música y video, siendo esta ultima el área donde tiene mayor auge.

La figura 1.1 muestra algunos ejemplos de este tipo de tecnología, donde parte del dispositivo se monta en la espalda y los sensores se distribuyen en diferentes puntos de la prenda.

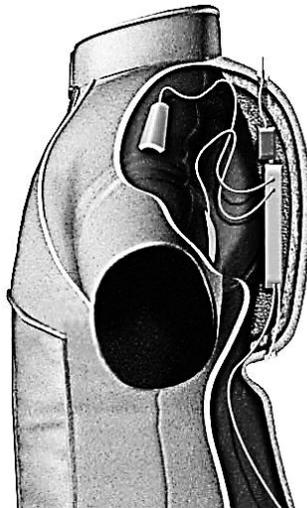


Figura 1.1. Muestra de tecnología wearable.

1.2 Antecedentes históricos

En la década de los 90's el desarrollo de ropa inteligente fue puramente de investigación y desarrollo (R&D) y posteriormente se comercializo.

Como los pioneros podemos encontrar a:

- En los 90 Steve Mann con lo que denomino Cyberman project, MIT Media lab, con el proyecto Lizzy, Sensatex desarrollo un proyecto para el ejército de los Estados Unidos de América, Phillips Research llevó a cabo el proyecto llamado Vision of Future project y la Universidad de Bristol con el proyecto Sensory Fabric Project.
- Para principios de la década de 2000, la ropa inteligente no solo se quedó en la investigación y desarrollo, ahora se unió un componente más: los textiles inteligentes, siendo los más significativos los siguientes: Alexandra Fede con Du Pont and Mitsubishi, SoftSwitch, Softswitch technology, la Universidad de Tampere con Intelligent textiles survey, Georgia Tech con la Wearable Motherboard, Eleksen con su Fabric keyboard, y SoftSwitch con su Fabric Keyboard considerarse como el primer textil inteligente.
- Una prenda que ya puede considerarse como ropa inteligente es la Philips and Levi's ICD+

Un poco más adelante en la misma década se comenzó vislumbrar una mayor actividad en este tipo de tecnología con exponentes tales como: Infinion yTechnologies con su MP3 player jacket, La Universidad de Tokio con un proyecto de Ropa transparente yTechnologies desarrollo lo que denomino Wealthy Project.

- En cuanto a los textiles inteligentes surgio Eleksen con su Logitech Keycase.

En esta etapa del desarrollo de la tecnología vestible, empezó a comercializarse masivamente y como ejemplo de ello son: Sensatex con SmarthShirt, North Face con la Self-heating Jacket, Vivometrics con su LifeShirt, Burton desarrollo: MD Jacket y Amp Jacket, GapKid, Fm radio shirt y Adidas desarrolla su Self-adapting shoes.

Para finales de la década de 2000 la comercialización de la ropa inteligente fue el principal objetivo para marcas de prestigio en la industria del vestido, las cuales comienzan a fabricar este tipo de prendas, tal es el caso de: Levis con su iPod jean, Zegna con su Bluetooth iJacket y su Solar Jacket, Metallica con su Metallica M4 Jacket, Oakley con su Solar Beach tote.

Con respecto a los textiles inteligentes Fibretronic elabora su ConnectedWear.

En cuanto a la investigación y desarrollo Konarka Technologies and Textronics desarrollan su Wearable power generator y El laboratorio Nacional de Idaho desarrolla su Solar Energy fabric [4].

1.3 Estado del arte

La primer prenda que puede ser considerada como ropa inteligente es la Philips and Levi's ICD+, esta prenda fue liberada en el año 2000. La chamarra utilizaba un conector/control unificado para que fuera integrado a un teléfono móvil, minidisc player, audífonos y micrófonos. Los componentes electrónicos no fueron totalmente integrados en la chamarra, pero fueron encapsulados en bolsillos con los cables sostenidos por velcro. Todos los componentes podían ser removidos de la chamarra para que esta fuera lavada. La prenda puede observarse en la Figura 1.2.



Figura 1.2 Chamarra Philips and Levi's ICD [5].

Hermenegildo Zegna una marca mundial de modas, en el 2001 comienza a desarrollar lo que denomina Zegna iJacket que se volvió un prominente producto italiano para hombres. Es compatible con el iPod de Apple. Durante tareas rutinarias o al realizar algún ejercicio. El usuario puede tener acceso a su música por medio de un keypad. Este producto también usa una interfaz con bluetooth. El keypad al estar por fuera de la chamarra puede ser usada para contestar o colgar una llamada de un celular [2], la Figura 1.3 muestra como luce la chamara y su interfaz.



Figura 1.3 Chamarra e interfaz de Ermenegildo Zegna iJacket [6].

Adidas Self Adapting shoes es un calzado que desarrollo Adidas para correr, este calzado sensa los cambios en la superficie y el estilo de correr ajustando la cantidad de amortiguamiento en el talón en consecuencia a todos esos cambios. Esta prenda deportiva presenta un lugar especial para el alojamiento de la electrónica con fines de lavarse o limpiarse. La interfaz en el zapato Adidas consta de dos botones (uno con un "+" y el otro con un "-") para ajustar el nivel de amortiguación deseada. También hay una fila de cinco LEDs que indica el ajuste actual. La Figura 1.4. muestra a la prenda de Adidas. Además la enviaban los zapatos con un CD- ROM para explicar cómo usarlos y cambiar las baterías [7].



Figura 1.4. Adidas self adpating shoes.

Levi's también ha desarrollado una prenda inteligente que es compatible con el iPod de Apple, tiene un cable rojo con conector para iPod, además de una interfaz en el bolsillo pequeño (monedero), con la que el usuario puede interactuar con el iPod para subir o bajar el volumen además de adelantar o atrasar canciones y el play and stop, cuenta también con un conector para los audífonos en el mismo pantalón lo que permite colocar en cualquier lugar el iPod, en la Figura 1.5 se puede observar el producto de levis.



Figura 1.5 Levi's Jeans [8].

El LifeShirt es una prenda diseñada para el cuidado de la salud, es ligera de (8 oz), lavable en lavadora, con sensores embebidos. Sensores de función respiratoria que están tejidos en la prenda alrededor del pecho y el abdomen del usuario. Mide el ritmo cardiaco, cuenta con un acelerómetro que registra el nivel postura y la actividad en tres ejes. Tiene dispositivos opcionales para medir presión arterial, temperatura y saturación de oxígeno en sangre, la Figura 1.6. muestra la lifeShirt.



Figura 1.6. imagen de tres personas portando la Life Shirt [9]

Con respecto a prendas de transito urbano existen únicamente dos de reciente desarrollo, Leah Buechley una diseñadora tiene una chamarra con direccionales que permite al usuario anunciar sus giros Figura 1.7 a), presentada en el CES del 2015 se encuentra visijax una chamarra con cintas reflectantes, también la marca presento una banda de con cintas reflejantes lumínicas Figura 1.7 b), no se tiene más información al respecto.



Figura 1.7. a) Chamarra Leah Buechle izquierda, b) chamarra visijax derecha.

1.4 Planteamiento del problema

En ciudades con alto tránsito vehicular, los ciclistas y motociclistas enfrentan múltiples riesgos como lo son: atropellamiento, golpes accidentales, ser arrollado por automóviles, etc, lo que provoca desde lesiones menores hasta la muerte. Gran parte de estos accidentes se deben a que los ciclistas o motociclistas no pueden percibir el acercamiento de los vehículos alrededor de ellos y mucho menos pueden tomar una acción para evitarlos.

Con el fin de disminuir el número de accidentes viales relacionado con bicicletas y motocicletas, es recomendable que los ciclistas y motociclistas cuenten con sistemas que les indiquen riesgos de posible colisión con algún vehículo en movimiento o cualquier objeto ya sea fijo o móvil incluyendo personas y animales.

Gracias al avance tan rápido de la computación y la miniaturización de los componentes electrónicos, actualmente es posible integrar un sistema de sensado, de procesamiento y almacenamiento de datos en una prenda vestible que nos permita dar solución a muchos de los problemas anteriormente mencionados.

Por lo anterior es que propone un sistema capaz de monitorear el entorno y crear una burbuja de sensado, esto es que se sense el entorno del ciclista para que al detectar el acercamiento de un vehículo alerte al ciclista o motociclista y este pueda tomar alguna acción para evitar un accidente.

1.5 Propuesta

Para dar solución a la problemática planteada se propone desarrollar una prenda inteligente (wearable), que cuente con las siguientes características:

1. Vestible y cómoda de usar, esto implica que los sistemas necesarios para su funcionamiento deben ser de un tamaño reducido y no incomodar al ciclista o motociclista en ningún momento y estar todo concentrado en una prenda.
2. Sensado del entorno, es necesario que la prenda tenga la capacidad de “ver” el entorno y crear una burbuja de sensado que detecte cualquier acercamiento y de cualquier dirección para alertar así al ciclista o motociclista.
3. El método de indicación debe ser poco invasivo y sin que obstruya los sentidos que ciclista o motociclista pero que sea eficaz para la indicación de un riesgo.
4. Debe tener autonomía, esto es: la prenda debe disponer de un sistema de energía capaz de proveer por un lapso considerable de tiempo energía para que el sistema funcione sin necesidad de recargarse durante dicho lapso.
5. Es necesario un método de manejo y almacenamiento de la información, dentro o fuera de la prenda ya sea en una base de datos o cualquier otra herramienta para el análisis de los datos con propósitos diversos.

6. El desarrollo de sistemas como el planteado en este trabajo permitirá además de salvar vidas al reducir el número de accidentes de ciclistas o motociclistas, generar información fidedigna de las causas de los accidentes, esta información puede impulsar la generación de políticas públicas de vialidad, la construcción de ciclovías, una mejor cultura vial y planear obras que ayuden a mejorar la movilidad en zonas urbanas.

1.6 Metodología

Se integraran tecnologías de última generación en tarjetas inteligentes, cómputo y comunicación, para la correcta ejecución de un algoritmo que será programado dentro de la tarjeta inteligente que permitirá enviar las indicaciones pertinentes al ciclista de un riesgo de colisión, así mismo discriminará los objetos que no sean un peligro al ciclista o motociclista, además se utilizarán baterías de ion-litio lo que brindara mayor autonomía a todo el sistema.

Será necesario desarrollar un método de sensado omnidireccional de proximidad, con sensores que puedan funcionar bajo diferentes entornos y múltiples condiciones ambientales, se requerirá de especial énfasis en el sensado de la parte trasera y los costados del ciclista o motociclista.

Se implementará una interfaz amigable con el usuario, la cual será la encargada de mostrar la información recabada por los sensores. Los indicadores de proximidad estarán dentro de la prenda para una mejor percepción del usuario.

El diseño y armado de circuitos es una actividad muy importante como también lo es la correcta colocación de los circuitos y sensores dentro de la prenda.

El almacenamiento de la información y el envío de datos se concentrará en la tarjeta inteligente, que a su vez será la encargada de almacenar toda información en una tarjeta SD (Secure Digital), que es un dispositivo de almacenamiento externo, también la tarjeta inteligente enviara la información a la etapa de comunicación para que pueda entablar comunicación con la interfaz de usuario.

1.7 Recursos

Esta sección describirá los recursos necesarios para el desarrollo del sistema anteriormente planteado, se numeraran los elementos requeridos para el funcionamiento del sistema.

1. Dominio de sensores y actuadores portátiles.
2. Habilidades para programar, en diferentes lenguajes.
3. Conocimiento en ergonomía y portabilidad.

4. Dominio en armado y manufactura de circuitos electrónicos.
5. Conocimiento en medios de comunicación inalámbrica.

1.8 Problemas a enfrentar

- La poca disponibilidad de componentes electrónicos en el mercado nacional y su complejidad para importarlos del extranjero.
- Selección de materiales aptos para el desarrollo de la prenda en especial los textiles con los que está elaborada la chamarra.
- Selección de sensores y actuadores con las características anteriormente descritas para su correcta integración.
- Colocación de los elementos dentro de la prenda para su ergonomía y funcionabilidad.
- Pruebas en diferentes ambientes incluyendo agua, sol y ruidos diversos por tránsito.
- Conexión de todos los componentes dentro de la prenda y el cableado inherente a la colocación de los sensores y actuadores.

Capítulo 2

**Elementos básicos de la
tecnología wearable**

Capítulo 2. Elementos básicos de la tecnología wearable

En este capítulo se desarrolla la teoría de los diferentes elementos que componen la tecnología wearable a emplear, describiendo cada elemento para su implementación en la chamarra. Dichos elementos van desde sensores, actuadores, tarjetas inteligentes, sistemas operativos, hasta programación y medio de comunicación.

2.1 Sensores

La sociedad de instrumentación de América ISA por sus siglas en inglés, define un sensor como un dispositivo el cual provee una salida utilizable, en respuesta a una medición específica. Donde la salida es definida como una "cantidad eléctrica" y medible. Esta definición puede ser ahora generalizada extendiendo "cantidad eléctrica" a cualquier tipo de señal, propiedad o condición que es respuesta a una medición de la naturaleza, química, bioquímica, etc. [10].

También existen otro tipo de sensores para aplicaciones diversas como lo son; sensores inductivos, capacitivos, de efecto Hall, de contacto, etc.

Además los sensores pueden ser clasificados de múltiples formas como: lo pueden ser internos y externos. Por sus características como: linealidad, rango, exactitud, resolución, etc. Pero para fines del presente trabajo se clasificaran por la función del tipo de variable que tengan que medir o detectar y podemos agruparlos en: [11].

1. De contacto. Como su nombre lo indica son sensores que requieren de un contacto físico para su activación.
2. Térmicos. Estos sensores son usados específicamente para la medición de temperatura.
3. De humedad. Son empleados para la medición de la humedad del ambiente o del suelo.
4. Magnéticos. Este tipo de sensor detecta la presencia de campos magnéticos en su zona de detección, un ejemplo son los de efecto Hall.
5. De distancia sin contacto, para esta variable existen diferentes tipos como:
 - i) Infrarrojos los cuales miden distancia a través de un haz de luz infrarroja que tiene una frecuencia entre los 3×10^{11} Hz y $3,84 \times 10^{14}$ Hz.

- ii) Ópticos. Este tipo de sensores utilizan la luz como elemento de detección, esta luz puede ser visible o no, como es el caso del láser, además de emisores y receptores, como la fibra óptica.
 - iii) Ultrasónicos. Utilizan ondas de sonido para medir distancia, estas ondas tienen frecuencias superiores a los 20KHz nota¹.
6. Sonar, *Sound Navigation And Ranging* se utilizan para detectar objetos a través de la propagación de ondas de sonido.

Específicamente para la tecnología wearable se emplean sensores para medir variables muy específicas como son:

Detección de impactos físicos: Esto es impactos físicos en deportes de contacto, particularmente en la cabeza, este tipo de dispositivos han estado en uso por muchos años. Existen prendas que indican cuando se tiene un golpe crítico en la cabeza. La información es enviada a micro controladores los cuales procesan el impacto por medio de un algoritmo para determinar la severidad del mismo.

Monitoreo de signos vitales: Esto incluye el monitoreo de presión sanguínea, temperatura corporal, hasta playeras que permiten monitorear la actividad de los músculos durante cualquier actividad física, con el uso de estadísticas. La información es enviada en tiempo real a un teléfono inteligente (smarthphone), la cual también puede ser enviada a una base de datos para un análisis histórico.

Monitoreo biomecánico: Este tipo de sensado puede ser usado para medir cambios como son: ángulos de articulaciones, rangos de movimiento y alineamiento de hombros [12].

Para que la información de los sensores que miden variables físicas, sea realmente útil es necesario que estos realicen el: Sensado, procesamiento de la señal por un sistema embebido, envío de la información, análisis por una computadora, almacenamiento y su representación gráfica, como lo muestra la Figura 2.1.

¹ Miden distancia lineal desde micras hasta cientos de metros (http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-distancia_36/, ver otras páginas)

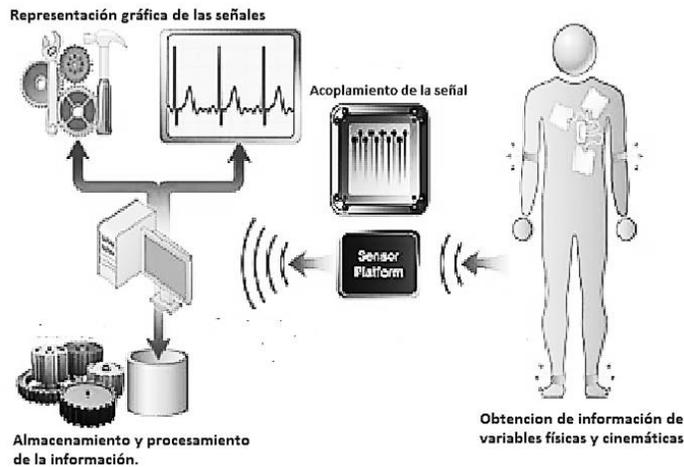


Figura 2.1 Proceso de sensado en personas.

2.1.1 Sensor ultrasónico

Los sonidos ultrasónicos corresponden a aquellas señales acústicas cuyas frecuencias están por encima de la gama de frecuencias que pueden ser percibidas por el oído humano, es decir, que comenzarían a partir de los 20 KHz aproximadamente y llegarían hasta más allá de 1GHz. Debido a su naturaleza pueden sufrir de fenómenos tales como: reflexión, refracción y difusión.

Una de las aplicaciones más comunes es la medición de distancia o detección de objetos. Para poder trabajar con ultrasonidos se requieren dos dispositivos: un transmisor y un receptor, de manera que su principio de funcionamiento se basa en que estas ondas mecánicas elásticas longitudinales, sean emitidas y propagadas a la velocidad constante del sonido (340m/s a 25°C), si encuentran en su camino un obstáculo rebotan en dirección contraria, en caso de incidencia perpendicular, y a igual velocidad. Por lo tanto si se añade un tercer dispositivo que puede medir el tiempo que tarda una onda desde que es emitida hasta que se recibe un rebote, se puede calcular fácilmente la distancia a la que se encuentra el obstáculo con el que han chocado dichas ondas. Como el rebote suele generar cierto ángulo se debe introducir un factor de corrección "s" [13]. Ver Figura 2.2.

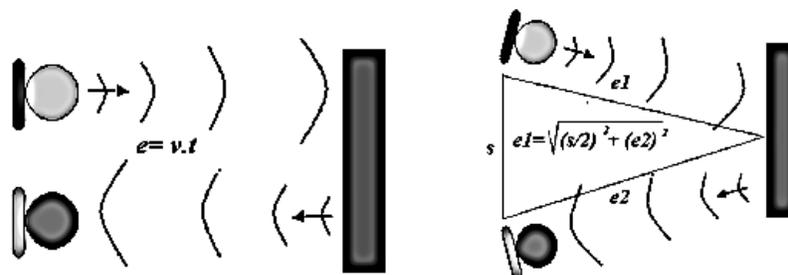


Figura 2.2 Factor de corrección S necesario para los sensores ultrasónicos.

2.1.1.1 Sensor de distancia ultrasónico HC-RS04

El sensor HC-RS04 es una de las mejores opciones de sensores ultrasónicos, por sus dimensiones reducidas y bajo consumo de energía. Ver Figura 2.3 además de ser de los más económicos en el mercado debido a que no se utiliza en aplicaciones industriales véase tabla 3.1 Tabla comparativa de precios.

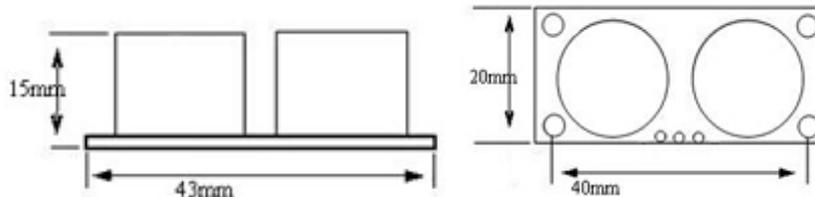


Figura 2.3. Dimensiones físicas de sensor ultrasónico HC-RS04.

Voltaje de funcionamiento: 5V (DC)

Corriente estática: <2 mA

Corriente de trabajo: 15mA

Frecuencia de trabajo: 40KHz

Señal de salida: frecuencia de la señal eléctrica, 5V de alto nivel, bajo nivel de 0V

Ángulo Eficaz: 15°

Distancia de detección: 2 cm - 450 cm

Resolución: 0,3 cm

Medición de ángulo: 30°

Disparo de la señal de entrada: TTL pulso $10\mu\text{s}$

Echo señal de salida: señal PWL de TTL [14].

La Figura 2.4 muestra el funcionamiento del sensor HC-RS04, desde la emisión de ultrasonido, la colección del eco y la transformación a señales eléctricas para su posterior procesamiento.



Figura 2.4. Funcionamiento del sensor HC-RS04.

2.2 Actuadores

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” sobre otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina neumático, hidráulico o eléctrico [15].

Existen básicamente dos tipos de actuadores: a) Lineales, b) Rotatorios. Los actuadores lineales generan una fuerza en línea recta, esto es, la fuerza que provoca el movimiento hace que un vástago salga de un cilindro en línea recta tal como hace un pistón.

Los actuadores rotatorios, cuentan con un eje concéntrico dentro del actuador conocido generalmente como “flecha”, este eje gira debido a la presión neumática, hidráulica o eléctrica, por ejemplo el motor eléctrico.

Dependiendo de su diseño los actuadores rotatorios constan básicamente de las siguientes partes móviles Ver Tabla 2.1.

Tabla 2.1 diseño de actuadores rotatorios

	Actuador Neumático	Actuador Eléctrico	Actuador Hidráulico
Fuerza Generadora de Movimiento	Presión de aire	Energía eléctrica	Presión hidráulica
Elemento Motriz	Émbolo, Pistón o Veleta	Motor Eléctrico	Émbolo, Pistón o Veleta
Transmisión de Fuerza o Torque	Eje o Cremallera	Reductor	Eje
Conversión Mecánica	Yugo o Piñón	- No hay -	Yugo o Piñón

2.2.1 Motor de Corriente Directa CD

El motor de CD que pertenece a los actuadores rotatorios, es básicamente un transductor de par que convierte energía eléctrica en energía mecánica. El par desarrollado en el eje del motor es directamente proporcional al flujo en el campo y la corriente en la armadura [16].

El motor de CD consta básicamente de 5 partes:

Carcasa metálica o cuerpo del motor. Aloja en su interior, de forma fija, dos imanes permanentes con forma de semicírculo, con sus correspondientes polos norte y sur.

Rotor o parte giratoria del motor. Se compone de una estructura metálica formada por un conjunto de chapas o láminas de acero al silicio, troqueladas con forma circular y montadas en un mismo eje con sus correspondientes bobinas de alambre de cobre, que lo convierten en un electroimán giratorio. Por norma general el rotor de la mayoría de los pequeños motores de C.D. se compone de tres enrollados o bobinas que crean tres polos magnéticos. Los extremos de cada una de esas bobinas se encuentran conectados a diferentes segmentos del colector.

Colector o conmutador. Situado en uno de los extremos del eje del rotor, se compone de un anillo deslizante seccionado en dos o más segmentos. Generalmente el colector de los pequeños motores comunes de C.D. se divide en tres segmentos los cuales se describen a continuación:

Escobillas. Representan dos contactos que pueden ser metálicos en unos casos, o compuesto por dos piezas de carbón en otros. Las escobillas constituyen contactos eléctricos que se deslizan por encima de los segmentos del colector mientras estos giran. Su misión es suministrar a la bobina o bobinas del rotor a través del colector, la corriente eléctrica directa necesaria para energizar el electroimán. En los pequeños motores las escobillas normalmente se componen de dos piezas o flejes metálicos que se encuentran fijos en la tapa que cierra la carcasa o cuerpo del motor.

Tapa de la carcasa. Es la tapa que se emplea para cerrar uno de los extremos del cuerpo o carcasa del motor. En su cara interna se encuentran situadas las escobillas de forma fija. El motor de la Figura 2.5 utiliza en función de escobillas dos flejes metálicos [17].

La Figura 2.5 muestra los principales componentes de un motor de CD.

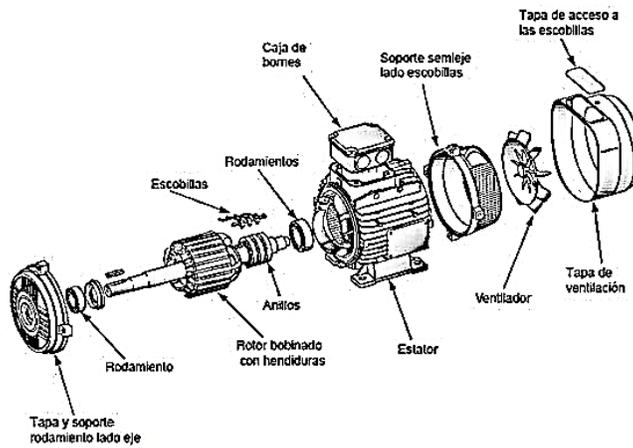


Figura 2.5 Componentes de un motor de CD.

2.2.1.1 Motor excéntrico giratorio con masa vibradora (actuador resonante)

Este es un motor de CD con una masa no simétrica unida al eje, cuando la masa gira, la fuerza centrípeta de la masa de desplazamiento es asimétrica, lo que resulta en una fuerza centrífuga, esto provoca un desplazamiento del motor, cuando el número de revoluciones por minuto es alto, el motor es trasladado y desplazado por estas fuerzas asimétricas. Este desplazamiento repetitivo se percibe como una vibración [18].

En la Figura 2.6 se puede observar los elementos que componen un actuador lineal resonante.

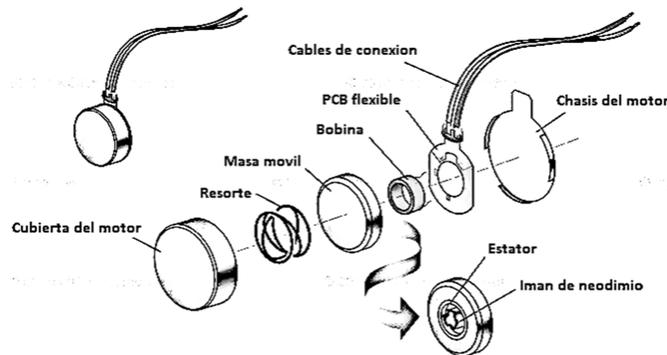


Figura 2.6. Motor excéntrico con masa vibratoria.

2.3 Tarjetas inteligentes

En la actualidad la implementación de sensores y actuadores requiere de cierto grado de inteligencia y esta es proporcionada por tarjetas con microcontroladores o microprocesadores.

Estas tarjetas son de suma importancia dentro del proceso, al ser las encargadas de recibir, procesar, almacenar y enviar toda la información, el envío de datos se realiza a través de internet y con ayuda de la aplicación SSH (secure Shell) se podrá visualizar de manera remota toda la información proveniente del sistema.

Este sistema también es el encargado de enviar la información a los actuadores y con ello la señalización al usuario, todo esto según el algoritmo programado dentro de la tarjeta.

2.3.1 Componentes

La gran mayoría de las tarjetas inteligentes cuentan con los siguientes componentes esenciales:

- CPU o microprocesador que es el encargado del procesamiento de toda la información.
- Memoria ROM que es donde son almacenados componentes esenciales del sistema operativo y de los protocolos de comunicación.
- EEPROM en ella se mantiene datos de la aplicación, y algunos archivos del sistema operativo.
- RAM aquí es donde se mantiene temporalmente la información de las aplicaciones que es requerida por el microprocesador.
- Sistema de almacenamiento, aquí se guardan todos los datos de aplicaciones, usuario, etc.
- Puertos de comunicación, estos son el contacto del microprocesador con el mundo físico, por ejemplo teclados, monitores, etc.
- Buses, estos se encargan de distribuir la información en todos los elementos anteriores, son el puente entre un elemento y otro.

2.3.2 Micro controlador

Un microcontrolador que pueden considerarse como tarjeta inteligente, son un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de una computadora completa en un solo circuito integrado [19].

Son diseñados para disminuir el coste económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la CPU, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. El control de un electrodoméstico sencillo como una batidora, utilizará un procesador muy pequeño (4 u 8 bits). En cambio un reproductor de música y/o vídeo digital (mp3 o mp4) requerirá de un procesador de 32 bit o de 64 bit y de uno o más Códec de señal digital (audio y/o

vídeo). El control de un sistema de frenos ABS (Antilock Brake System) se basa normalmente en un microcontrolador de 16 bit, al igual que el sistema de control electrónico del motor en un automóvil. La Figura 2.7 muestra una imagen de un microcontrolador y sus componentes internos como lo son el CPU encargado del procesamiento, memoria: es donde se almacenan los datos de la aplicación del usuario, etc., buses encargado de distribuir la información dentro de todo el sistema, puertos de E/S que son la interacción con el exterior por ejemplo mouse, teclado, etc. que también son conocidos como elementos externos [20].

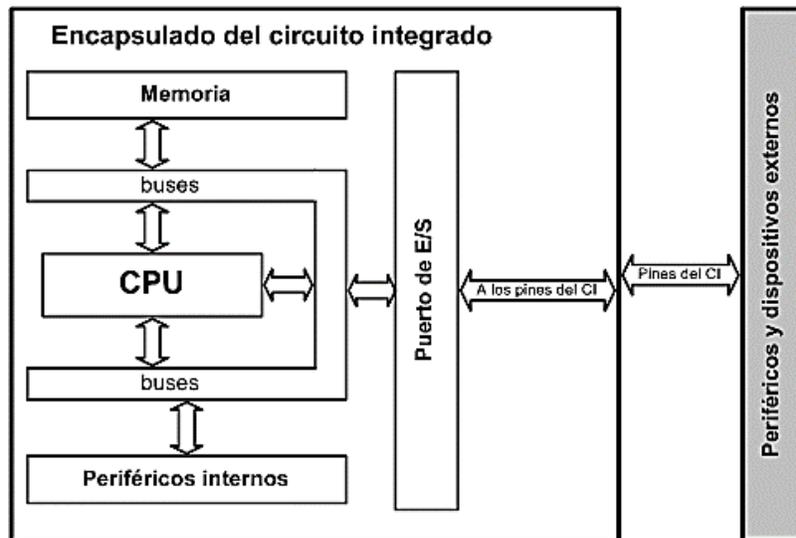


Figura 2.7 Componentes internos de un microcontrolador.

2.3.3 Computadoras en una simple tarjeta

Existen tarjetas que son básicamente una computadora de uso general pero con la característica de tener un tamaño muy reducido por ejemplo:

2.3.3.1 RaspberryPi 2 modelo B

Esta tarjeta es la segunda generación de RaspberryPi, fabricada por RaspberryPi foundation, reemplaza a la RaspberryPi B+ y está disponible a partir de febrero de 2015, está disponible para su venta al público en RS electronics, farnell, element 14 y tiene las siguientes características: [21].

- Cuenta con un procesador 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU en el cual se procesa toda la información proveniente de las aplicaciones, sistema operativos, periféricos, etc.

- 1GB RAM que es donde se almacena las aplicaciones de manera temporal para su ejecución y procesamiento por el CPU.
- 4 puertos USB, que son puertos de uso general para conectar: teclados, memorias USB adaptadores de red, etc.
- Un puerto GPIO de 40 pines donde se tiene una comunicación directa con el microprocesador y puede ser programada para usarse como entradas y salidas digitales o analógicas.
- Puerto Full HDMI, permite la conexión de televisiones, monitores, proyectores, etc.
- Puerto Ethernet para la conexión directa a internet con un cable con conector Rj45.
- Jack de 3.5mm para audio y video compuesto, este puerto sirve para conectar televisiones o sistemas de audio.
- Camera interface (CSI), esta interfaz la fácil conexión de cámaras de video.
- Display interface (DSI), RaspberryPi tiene diseñadas interfaces de usuario que son fáciles de instalar en este puerto.
- Micro SD card slot, es aquí donde se almacena toda la información del sistema operativo, las aplicaciones, etc.

Al tener gran capacidad de conectar cámaras de video, pantallas, monitores, etc, la raspberry pi requiere de un procesador dedicado a video y esa función la realiza el VideoCore IV 3D graphics core.

Debido a que tiene procesador ARMv7, puede correr la gama completa de distribuciones ARM GNU/Linux, incluyendo Snappy Ubuntu, y también Windows 10. La Figura 2.8 muestra la distribución de los elementos que componen la tarjeta y los periféricos que se pueden conectar a ella.

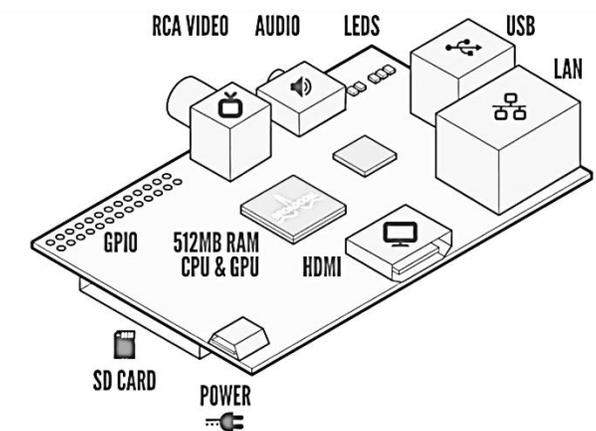


Figura 2.8. RaspberryPi y periféricos compatibles.

2.3.3.1 Intel Galileo Generación 2

Al Intel galileo generación 2, es lanzada en 2014 a la venta por Intel y actualmente se puede conseguir en el sitio web de Intel, en amazon, ebay, etc.

Al igual que la RaspberryPi, contiene todas las características de una computadora con un tamaño muy reducido, además de tener las siguientes características.

- El procesador de aplicaciones Intel® Quark™ SoC X1000, una arquitectura de conjunto de instrucciones de procesador Intel® Pentium® de 32 bits, con un solo núcleo y un solo subproceso compatible con ISA, que funciona a velocidades de hasta 400 MHz.
- Compatibilidad con una amplia variedad de interfaces de E/S estándar en la industria, entre ellas la ranura mini-PCI Express* de tamaño completo, el puerto Ethernet de 100 Mb, la ranura microSD*, el host USB y el puerto cliente USB.
- DDR3 de 256 MB, SRAM de 512 kb integrada, Flash NOR de 8 MB y EEPROM de 8 kb estándar en la placa, más compatibilidad con tarjeta microSD de hasta 32 GB.
- Compatibilidad de hardware y pines con una amplia variedad de pletinas Arduino Uno R3.
- Programable a través del entorno de desarrollo integrado (IDE) Arduino que es compatible con los sistemas operativos host Microsoft Windows*, Mac OS* y Linux.
- Compatibilidad con la edición Yocto 1.4 Poky* Linux.

- El cabezal TTL UART USB 3.3 V de 6 pines reemplaza al puerto de consola RS-232 con conector de 3.5 mm para depuración Linux. El nuevo conector de 6 pines es compatible con el cable serial FTDI* USB (TTL-232R-3V3) y breakout placa USB a serial populares. 12 GPIOs ahora totalmente nativo para más velocidad y una fortaleza mejorada de la unidad.
- Modulación por amplitud de pulso (PWM) de 12 bits para un control más preciso de los servos y una respuesta más fluida.

La consola UART1 se puede redireccionar a los cabezales Arduino en esquemas, eliminando las necesidades de soft-serial en muchos casos.

Capacidad para alimentación sobre Ethernet (PoE) de 12 V (requiere instalación de módulo PoE).

El sistema de regulación de potencia cambió para aceptar suministros de energía de 7V a 15V.

La tarjeta galileo es mostrada en la Figura 2.9.

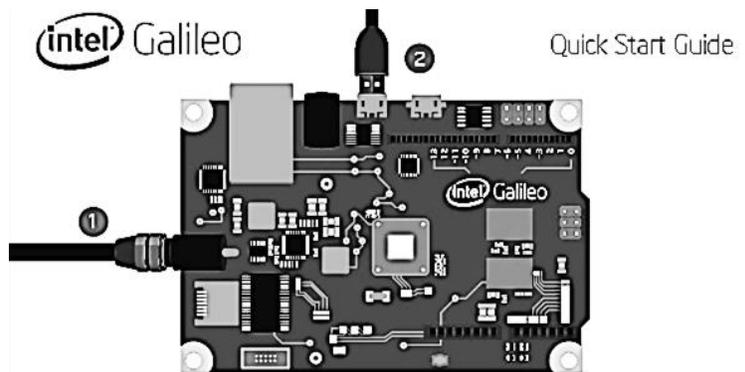


Figura 2.9. Tarjeta galileo.

2.4 Sistemas operativos

Para que una computadora o una tarjeta inteligente como la RaspberryPi funcionen adecuadamente requiere de un sistema operativo que es el encargado de gestionar los recursos de la computadora así como los programas instalados en este. De esta forma nos permite utilizar el software de una manera cómoda y gestionar más adecuadamente los recursos del hardware [22].

La Figura 2.10 muestra diversos sistemas operativos que son actualmente utilizados, en tarjetas inteligentes y computadoras.



Figura 2.10. Sistemas operativos actuales.

2.4.1 Sistema operativo Linux para RaspberryPi

Para fines de este trabajo se describirá a mayor detalle Linux, sistema con el cual trabaja Raspberry Pi. Linux es un sistema operativo de software libre (no es propiedad de ninguna persona o empresa), por ende no es necesario comprar una licencia para instalarlo y utilizarlo en un equipo informático. Es un sistema multitarea, multiusuario, compatible con UNIX, y proporciona una interfaz de comandos y una interfaz gráfica, que lo convierte en un sistema muy atractivo y con estupendas perspectivas al futuro.

Al ser software libre, el código fuente es accesible para que cualquier usuario pueda estudiarlo y modificarlo. La licencia de Linux no restringe el derecho de venta, por lo que diversas empresas de software comercial distribuyen versiones de Linux. Además el sistema cuenta con muchas distribuciones y gestores de ventanas para el entorno gráfico.

El sistema operativo Linux fue desarrollado por Linus Torvalds, quien y colocó herramientas y utilidades que convirtieron al sistema operativo en una herramienta de entorno gráfico. A partir de la primera versión de Linux el sistema ha sido modificado por miles de programadores de todo el mundo, bajo la coordinación de su creador [23].

2.5 Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación sirven para comunicarnos con las computadoras y que para su utilización es necesario que se especifique:

- Un conjunto de símbolos y palabras clave a las que se llaman sentencias.

- Reglas gramaticales para construir sentencias (instrucciones, ordenes), sintáctica y semántica correctas.
- Sintaxis: Conjunto de normas que determinan como escribir las sentencias del lenguaje.
- Semántica: Interpretación de las sentencias, indica el significado de las mismas [22].

Debido al gran número de lenguajes de programación actualmente se clasifican como: Lineales, estructurados, orientado a objetos, gráficos, etc., algunas de las cuales se describen a continuación.

La programación orientada a objetos es una forma de programación en computadoras que surge en 1970 pero en 1990 tiene su auge al ser utilizada en las microcomputadoras. Se diferencia de la programación clásica o estructurada en que las instrucciones hacen referencia a los elementos del entorno. Esos elementos representan “objetos” y todos los datos y todas las acciones que se hagan con ellos o sobre ellos, están encapsuladas u ocultas en el objeto mismo [24].

La programación imperativa, consiste en escribir una secuencia de instrucciones una detrás de otra, que se ejecutaran en orden. Algunas de esas instrucciones pueden hacer que la maquina pase a una instrucción que no sea la siguiente [25].

A continuación se mencionan algunos ejemplos de los lenguajes de programación, más utilizados:

C++, Objective C, Java, Smalltalk, Eiffel, Ruby, Python, OCAML, Object Pascal, CLIPS, Visual .net, Actionscript, COBOL, Perl, C#, Visual Basic.NET, PHP entre muchos otros.

2.5.1 Python

Para fines de desarrollo del presente trabajo se tratará a mayor detalle Python, que es el lenguaje en el cual se programará dentro de la RaspberryPi todo el algoritmo de comunicación y control.

Python es un lenguaje de programación multipropósito de alto nivel. Su filosofía de diseño enfatiza la productividad del programador y la legibilidad del código. Tiene un núcleo sintáctico minimalista con unos pocos comandos básicos y simple semántica, pero además tiene una enorme y variada librería estándar, que incluye una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API), para muchas de las funciones en el nivel del sistema operativo (OS). El código Python, aunque minimalista, define objetos incorporados como listas enlazadas (list), tuplas (tuple), tablas hash (dict), y enteros de longitud arbitraria (long).

Python soporta múltiples paradigmas de programación, incluyendo programación orientada a objetos, programación imperativa, etc. Python tiene un sistema de tipado dinámico y manejo automatizado de memoria utilizando conteo de referencias (similar a Perl, Ruby y Scheme).

Python fue publicado por primera vez por Guido Van Rossum en 1991. El lenguaje tiene un modelo abierto de desarrollo basado en la comunidad administrado por la organización sin fines de lucro Python Software Foundation. Existen varios intérpretes y compiladores que implementan el lenguaje Python, incluyendo uno en Java (Jython) [26].

2.6 Comunicación inalámbrica con internet

La información una vez procesada por el algoritmo, es enviada para su almacenamiento en una base de datos o bien para ser vista por el usuario, por ese motivo se requiere de la comunicación, para el presente trabajo se desarrollara con mayor detalle la comunicación inalámbrica específicamente con internet.

La comunicación inalámbrica es la transmisión de información de un punto a otro sin el uso de cables. Existen múltiples variables para definir la comunicación inalámbrica, pero lo que está claro de la definición es que: la comunicación inalámbrica no crea la información. La comunicación inalámbrica simplemente proporciona los medios para que las entidades se comuniquen [27].

A continuación se describen los dos principales medios de comunicación inalámbrica con internet: wifi, 3G y 4G.

2.6.1 WiFi

WiFi es una marca de la compañía Wi-Fi Alliance que está a cargo de certificar que los equipos cumplan con la norma vigente que en el caso de esta tecnología es la IEEE 802.11 [28].

En concreto, esta tecnología permite a los usuarios establecer conexiones a Internet sin ningún tipo de cables y puede encontrar en cualquier lugar que se haya establecido un “punto caliente” o *hot spot* WiFi.

Actualmente existen cuatro tipos de conexiones.

El primero es el estándar IEEE 802.11b [29] que opera en la banda de 2,4 GHz a una velocidad de hasta 11 Mbps, con un alcance de 30 metros.

El segundo es el IEEE 802.11g que también opera en la banda de 2,4 GHz, pero a una velocidad mayor, alcanzando hasta los 54 Mbps y con un alcance de 30 metros.

El tercero, que está en uso es el estándar IEEE 802.11^a que se le conoce como WiFi 5, ya que opera en la banda de 5 GHz, a una velocidad de 54 Mbps. Una de las principales ventajas de esta conexión es que cuenta con menos interferencias que los que operan en las bandas de 2,4 GHz ya que no comparte la banda de operaciones con otras tecnologías como los Bluetooth, y con un alcance de 30 metros.

El cuarto, es el IEEE 802.11n que opera en la banda de 2,4 GHz a una velocidad de 108 Mbps y un alcance de 50 metros [30].

La tabla 2.2 muestra un compendio de las velocidades y el ancho de banda para el estándar IEEE 802.11 que es el utilizado por wifi.

Tabla 2.2. Velocidades estándar IEEE 802.11

Estándar	Banda de frecuencias	Velocidad máxima
802.11 ^a	5 Ghz	54 Mbps
802.11b	2.4 Ghz	11 Mbps
802.11g	2.4 Ghz	54 Mbps

Una de las principales ventajas de la tecnología wifi es su gran velocidad como se puede observar en la Tabla 2.2 y su compatibilidad con casi cualquier dispositivo móvil como lo son: computadoras de escritorio, laptops, celulares y demás dispositivos que soportan wifi como medio de comunicación, para internet.

Uno de sus principales desventajas es el poco alcance y aunque se han dado grandes avances en este tema sigue estando muy limitado y se debe estar cerca del *hot spot*, a una distancia no mayor a 50 metros dependiendo de los equipos.

2.6.2. Tecnologías 3G y 4G

2.6.2.1. 3G Tercera generación

Se conoce como redes 3G las que permiten una transferencia de datos como mínimo de 200 kbit/s (kilobit por segundo). Incluye las redes 3G, 3.5G (HSDPA) y 3.75G (HSUPA). Esta tecnología comenzó su uso comercial en el 2001,

implementándose muy lentamente en la telefonía celular. Además permitió el auge y uso masivo de los *smartphones* (teléfonos inteligentes).

Las redes 3G introdujeron el uso en los dispositivos portables, de la TV, video conferencias, el GPS (Sistema de posicionamiento global) y facilitaron la navegación en internet de forma similar a como lo hacemos en una computadora de escritorio.

Las tecnologías 3G que actualmente se encuentran en uso son: EDGE (Velocidades de Datos Mejoradas para la Evolución GSM), CDMA EV-DO (Evolution-Data Optimized), que utiliza Code Division Multiple Access o Acceso Múltiple por División de Tiempo para HSPA multiplexación, (High Speed Packet Access) que utiliza la técnica de modulación 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) y los resultados de velocidad de datos son de 14 Mbit / s de bajada y 5,8 Mbit / s de velocidad de subida con un ancho de banda cercano a los 5MHz [31].

2.5.2.2. 4G (cuarta generación)

Las redes 4G son los estándares creados para tratar de perfeccionar los usados en 3G. Admiten o mejoran notablemente la televisión de alta definición, en 3D, video conferencias, juegos, servicios de internet en la nube y la transferencia de datos en general. Están disponibles para los móviles desde el 2011 [32].

La tecnología 4G cuenta con velocidades mayores a las de 301 Mbit/s con una frecuencia de 8 MHz.

Dos de los términos que definen la evolución de 3G, son la estandarización de LTE para el acceso radio, y SAE (Service Architecture Evolution) para la parte núcleo de la red.

Para el acceso radio abandona el acceso tipo CDMA característico y se utiliza otro tipo de tecnología como la SDR.

Uso de SDR (Software Defined Radios) para optimizar el acceso a radio.

La red completa requiere del protocolo IP.

Las tasas de pico máximas previstas son de 100 Mbit/s en bajada y 50 Mbit/s en subida, con un ancho de banda en ambos sentidos de 20 MHz [33].

2.6.3 SSH

SSH Secure Shell por sus siglas en inglés, es un popular método para la seguridad en las redes, está basado en software. A donde sea que la información es enviada SSH se encarga de encriptarla. Posteriormente cuando la información está en el lugar planeado SSH automáticamente lo describe. El resultado es una encriptación transparente y los usuarios pueden trabajar con seguridad.

SSH tiene la arquitectura cliente/servidor como es mostrado en la Figura 2.11, esto significa que un administrador SSH es el encargado de aceptar o rechazar las conexiones entrantes al puerto de la computadora, también existen los clientes los cuales son instalados en alguna otra computadora o dispositivo móvil y son lo que hacen la petición de acceso de conexión [34].

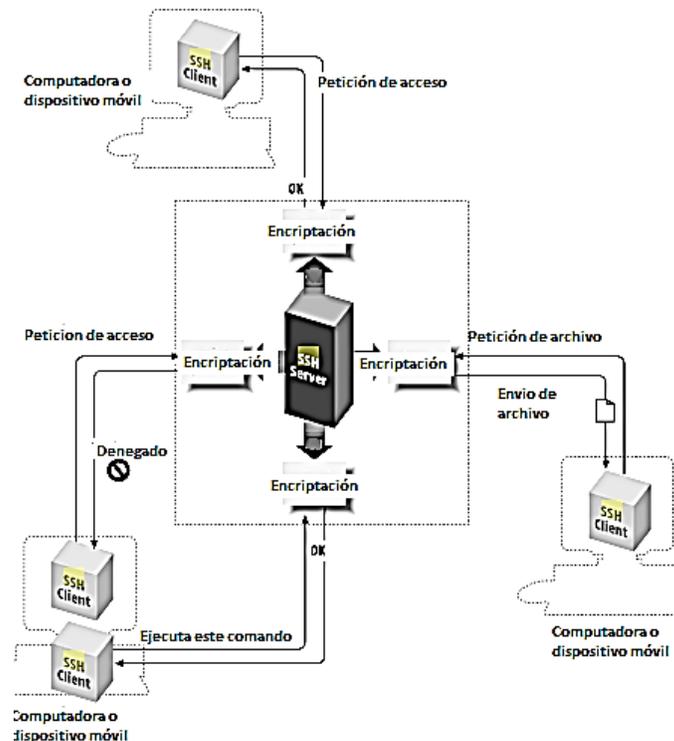


Figura 2.11. Funcionamiento de SSH.

SSH es un protocolo de aplicación como se muestra en la Figura 2.12 por lo cual se requerirá de uno de transporte y uno de red los cuales se describirán a continuación.

Aplicación	SSH
Transporte	TCP
Red	IP (IPv4 y IPv6)

Figura 2.12. Protocolo SSH y su relación TCP/IP

2.6.4 TCP/ IP

TCP protocolo de control de transmisión por sus siglas en inglés, es un protocolo de capa de transporte utilizado por las aplicaciones que requieren la entrega garantizada de información. Es un protocolo que proporciona el manejo tanto para los tiempos de espera y retransmisión.

TCP establece una conexión virtual full duplex entre dos puntos finales. Cada punto final se define por una dirección IP [35].

2.6.4.1 Dirección IP

La dirección IP está compuesta por cuatro partes (cuatro bytes), y cada una de ellas será un número comprendido entre 0 y 255 una vez traducidos los bytes binarios a decimal resulta algo como lo siguiente: 192.168.1.27.

La dirección IP debe ser única para cada dispositivo dentro de la red a la que pertenece [36].

Capítulo 3

Diseño del sistema wearable

Capítulo 3. Diseño del sistema wearable

El presente capítulo abordará todo lo referente al diseño del sistema propuesto, desde los requisitos para su aplicación, la forma de funcionamiento interno de cada etapa, la selección de los componentes idóneos para el prototipo y el análisis y adecuaciones de las señales tanto de sensores y actuadores.

3.1 Requisitos del sistema

1. La prenda deberá ser de un precio competitivo con respecto a otras prendas wearables que existen actualmente en el mercado, que cumplan una función similar o que se encuentren catalogadas dentro de la tecnología wearables.
2. Los sensores requieren ser de dimensiones muy reducidas con la finalidad de no incomodar, ni intervenir en la conducción de la bicicleta o motocicleta, además deberán de estar montados en partes muy estratégicas de la prenda como lo es la parte baja de la espalda, lo que permitirá una mayor cobertura del sensado. El sensado se medirá en cm y con un alcance máximo de 5 metros.
3. Los actuadores al ser los elementos con los que el usuario tiene mayor contacto deben de estar colocados en partes sensitivas del cuerpo como lo es el pecho, que al ser una zona con mucha sensibilidad debido a la proximidad de una zona erógena como los pezones y donde se concentra un gran número de terminales nerviosas [37], es el lugar idóneo para la colocación de los actuadores, además los actuadores deben tener una respuesta que no pueda ser confundida por vibraciones mecánicas de la bicicleta o motocicleta o de las condiciones del asfalto, para evitar que la respuesta de los actuadores sea confundida por alguna otra señal, para lo cual se proveerá a los actuadores de señales vibratorias a alta velocidad lo que permitirá que dichas señales no sean confundidas.
4. Debido a que se usarán sensores de proximidad ultrasónicos, es de suma importancia que los sensores no queden cubiertos por ningún objeto que obstruya el sensado, como pueden ser personas (en caso de que el usuario viaje con acompañante), mochilas, capas etc.

5. Referente a la prenda que se utilizará, esta debe de estar ajustada al cuerpo del usuario, lo suficiente para que las respuestas de los actuadores sean percibidas lo mejor posible, la prenda debe ser impermeable con la finalidad de que si en algún momento llegase a mojarse el sistema no sufra ningún daño y pueda seguir en funcionamiento aun durante la lluvia o al ser mojada por agua accidentalmente. Preferentemente la prenda debe ser de un fabricante especializado de ropa deportiva para ciclistas y/o motociclistas, lo que garantizará un diseño acorde a las necesidades de los motociclistas o ciclistas con el fin de brindar el mejor confort y funcionalidad posible.
6. Mantenimiento y/o lavado, para dar mantenimiento a la prenda. Se requerirá que los dispositivos sean montados de tal manera que sea fácil retirarlos, para que la prenda sea lavada como cualquier prenda normal, pero sin los dispositivos.

3.1.1 Requisitos eléctrico-electrónicos

1. Alimentación, todo el sistema será alimentado con una batería recargable de iones de litio que tiene una vida media de tres años [38], dependiendo de su uso. El tipo de batería requerida es aquella que brinde una salida de voltaje de 5VCD y soporte una carga de 400mA, para recargar dicha batería es preferible un eliminador con salida USB ya que actualmente es la conexión con mayor auge, dicha batería puede ser conectada a un cargador de pared o en una laptop con conector USB.
2. Para el presente prototipo se decidió usar un estándar de voltaje de 5 Volts en corriente directa, debido a que tanto los sensores como la tarjeta inteligente trabaja con este voltaje y también la alimentación de las baterías recargables más comunes es de 5VCD.
3. Para el sensado se requerirá de salidas analógicas o de no ser posible, salidas digitales que puedan ser escalables por software y se pueda tener una adquisición de datos más aproximada a la realidad, se requiere que sea de este tipo para medir en cm la distancia o proximidad de los objetos que se acerquen al usuario y poder adecuar la salida para enviar la señal a los actuadores y que su medición sea más confiable.

3.1.2 Requisitos de los sensores y actuadores

Los sensores que deben ser empleados para que cumplan con los requisitos anteriormente mencionados son: sensores ultrasónicos, que requieren una alimentación de 5VCD, tienen dimensiones reducidas y un bajo costo, poseen una señal de salida que puede ser escalada fácilmente y son fáciles de montar en casi cualquier superficie, además de que su señal al ser ultrasónica, no permite ruido por contaminación acústica del ambiente, a diferencia de los sensores ópticos que pueden ser muy susceptibles al ruido proveniente de fuentes de radiación como el sol.

Los actuadores idóneos para que cumplan con todos los requerimientos planteados son los vibradores, ya que este tipo de actuadores son fáciles de percibir por el usuario, no interrumpen en ningún momento la conducción del vehículo, ni obstaculiza ninguno de los sentidos necesarios para la conducción de la bicicleta o motocicleta, sus dimensiones son aproximadas a un botón lo que resultará de gran ayuda al montaje.

3.1.3 Requisitos de la comunicación

Una vez que se realiza el proceso de sensado y que los actuadores avisen al usuario de un posible riesgo de colisión, la comunicación permite almacenar esta información y alimentar una base de datos. La comunicación debe ser estable y de un alcance considerable, no debe interrumpirse fácilmente y si así lo hiciera debe permitir reenviar la información en su siguiente conexión, un ancho de banda que permita enviar al menos 1 kbs, el alcance debe ser mayor a un metro ya que la conexión a internet dependerá del dispositivo móvil al que se vinculará todo el sistema.

3.2 Modelado general de los sistemas

En esta sección se describe la interacción y funcionamiento de cada una de las etapas que componen el presente prototipo, esta descripción se realiza mediante un diagrama de bloques, el cual se muestra a continuación.

Una sección de diagrama muestra el entorno o el ambiente, que es el medio físico del cual los sensores obtendrán información, y que consiste en los vehículos, personas, animales, y todos los objetos fijos o móviles que puedan ser percibidos por los sensores dentro de su rango de operación, todo lo anterior se puede ver en la Figura 3.1.

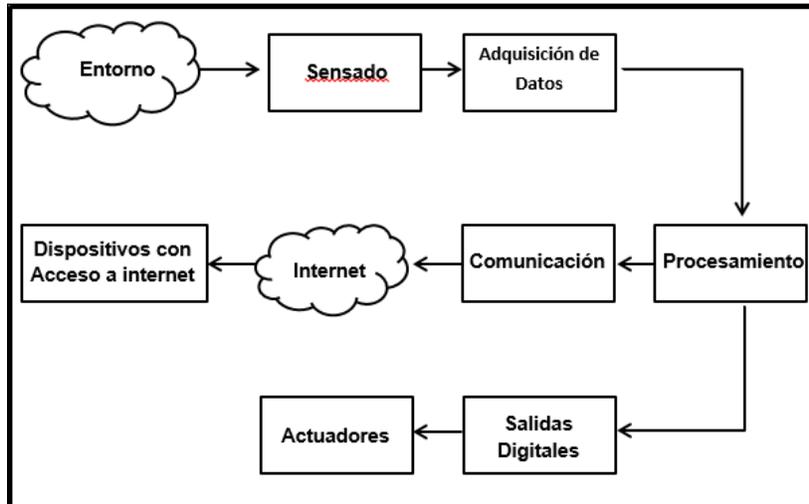


Figura 3.1. Proceso de funcionamiento de todo el sistema.

El sensado es la sección que recolectará la información proveniente del medio físico y la convertirá en señales eléctricas. Para el correcto diseño y funcionamiento del sistema se requiere que los sensores brinden un voltaje de 5VCD y 5mA como mínimo y que las señales que envíen sean o analógicas o con variaciones en el tiempo, esto es, las señales provenientes de los sensores deberán ser pulsos con una amplitud de 5VCD y tiempos variantes dependiendo de la distancia, con lo cual será posible medir la distancia, dichas señales deberán ser medibles y escalables ya que se enviarán a la etapa de adquisición de datos para su análisis y la etapa de adquisición solo aceptará señales que cumplan con dichas características, la Figura 3.2 muestra el proceso que se realiza para sensar objetos, mediante sensores ultrasónicos.

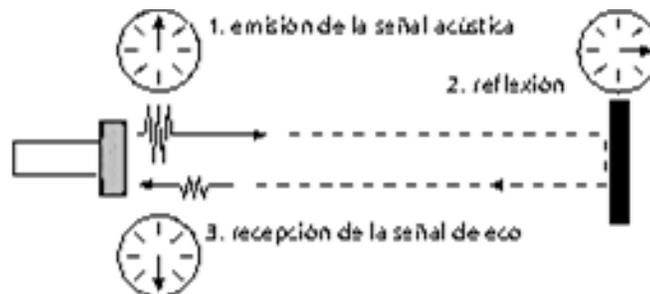


Figura 3.2 Sensado mediante sensores ultrasónicos, tiempos y secuencia [39].

La adquisición de datos es la sección donde se adecuará, escalará y convertirá en información digital (binaria) todos los datos proveniente de los sensores. Esta sección es una de las que tienen contacto directo con el procesamiento, y es de suma importancia la correcta interpretación de las señales provenientes de los

sensores, esto es que los voltajes y tiempos recibidos por esta sección sean los correctos. De lo contrario provocaría una mala alerta o la omisión de posibles peligros, todo esto dará como resultado información digital binaria que será enviada a la etapa de procesamiento.

El procesamiento es la etapa más crucial del sistema, en ella se procesa toda la información de las demás etapas y en ella se toman las decisiones para la selección y activación de los actuadores específicos para alertar al usuario, además elige y da formato a la información proveniente de las decisiones que serán tomadas y enviará dicha información a la etapa de comunicación, la Figura 3.3 muestra cómo se realizará el procesamiento del sistema, esto se representa a través de un diagrama de flujo.

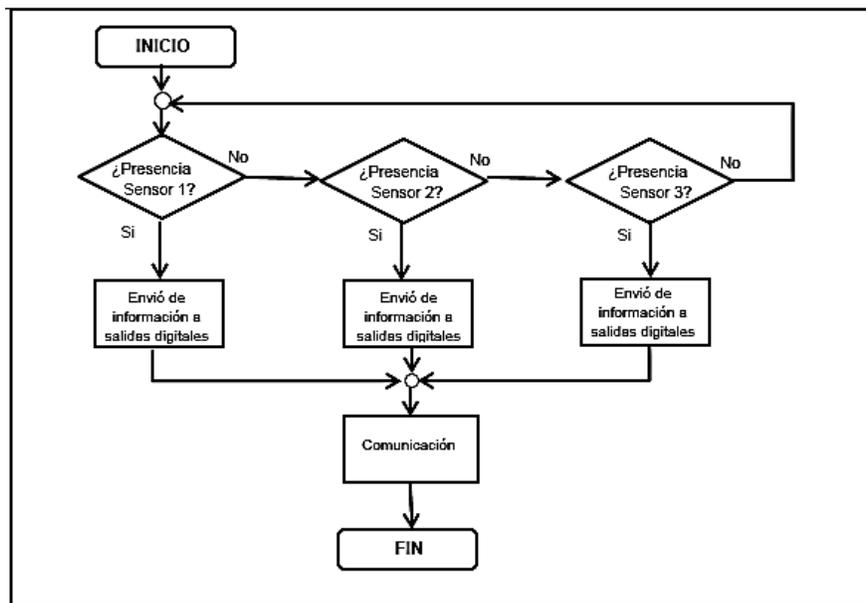


Figura 3.3 Diagrama de flujo de etapa de procesamiento.

Una vez que es procesada toda la información y que el sistema ha tomado una decisión, se activan salidas digitales desde la tarjeta inteligente, dicha salida digital deberá de tener un voltaje de 5VCD con corriente que va de los 2 mA a los 20 mA lo cual es ideal para propósitos del presente trabajo.

Las salidas anteriormente mencionadas son las encargadas de activar los actuadores, que funcionan con 5VCD que es uno de los requisitos mencionados en la sección de requisitos de sensores y actuadores.

Los actuadores son el último peldaño del sistema, estos avisan al usuario del posible riesgo que se tenga, el tipo de actuadores que se utilizaran no son invasivos en ningún momento al usuario y no distrae la vista o el oído durante la conducción ya que estos dos sentidos son los más importantes al conducir una bicicleta o

motocicleta. Los actuadores al igual que los sensores funcionan con un voltaje de 5VCD y tienen un consumo de 15 mA.

La comunicación es la sección del sistema que nos permitirá conectar todo el sistema con el mundo entero, recibir y enviar datos para su posterior análisis, esto se realiza mediante un módulo WiFi con conexión USB, con una velocidad de 150Mbps basado en tecnología 802.11n, con la cual podremos tener una cobertura de hasta 70 metros [40] que permitirá a todo el sistema conectarse a internet.

Por el lado de la comunicación a internet que es la última etapa, se utilizarán dispositivos a través de los cuales se puede acceder a la información proveniente del sistema. El requisito fundamental para que un dispositivo pueda fungir como elemento de visualización, es disponer de una conexión a internet, además debe de tener un sistema operativo propio para poder instalar el software que necesita el sistema para ser visualizado, esto con la finalidad de que el usuario tenga un mayor control de la información, ver las posibles colisiones y tomar medidas al respecto o que se creen políticas públicas para poder disminuir los riesgos a ciclistas y motociclistas.

3.3 Selección de componentes

3.3.1 Sensores

En la Tabla 3.1 se realiza una comparativa de algunos sensores de proximidad, tanto ópticos como ultrasónicos, la comparación se centra en 4 aspectos críticos para el sensado que son: La distancia máxima de sensado la cual se describe con mayor detalle en la sección de requisitos de sensores y actuadores, el tipo de salida del sensor es muy importante para verificar la compatibilidad con el sistema de procesamiento, es decir que cumpla con los requerimientos de voltaje y corriente para que pueda ser utilizado por la tarjeta de procesamiento. Al ser un sistema que será utilizado comúnmente, su precio no debe ser excesivo ya que de serlo la gran mayoría de usuarios lo encontraría poco atractivo para su uso cotidiano. Por ser un sistema portable las dimensiones deben ser reducidas.

Tabla 3.1 Sensores de proximidad nota².

Sensor	Distancia de sensado	Salida analógica	Salida digital	Dimensiones mm	Precio USD
Optex TOF3V300P1 Difuso [41]	3000 mm	No	PNP	83.5 X 23.6 X 55-6	\$ 260. ⁸²
AllenBradley 9040QD Difuso [42]	3040 mm	No	PNP	74.93 X 41.91 X 65.23	\$134. ³⁷
Techmake HC-SR04 [43]	4000 mm	No	Si, por pulsos	20X43X15	\$2. ⁵⁹
Schneider Electric XUX5ARCNT16 [44]	3000 MM	No	1NO+ 1 NC	92X77X30	\$128. ⁰⁰

La comodidad y ergonomía de los dispositivos seleccionados juega un papel fundamental en el desarrollo del presente proyecto. La Figura 3.4 muestra al sensor ultrasónico bajo diferentes perfiles.

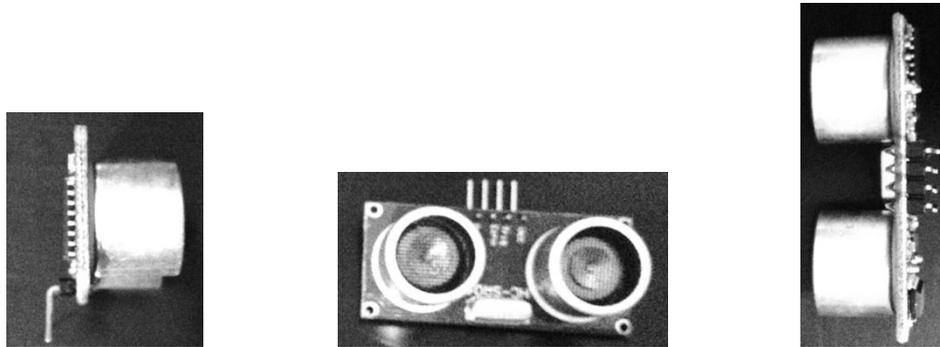


Figura 3.4 Sensor ultrasónico HC-RS04.

3.3.2 Procesamiento

Respecto al sistema de procesamiento, se decidió utilizar una tarjeta inteligente debido a su fácil conexión a internet sin requerir de módulos adicionales (como lo es el caso de los microcontroladores), ni de elementos que hicieran más complejo de armar y usar, ya que su finalidad es ser un sistema portable. La Tabla 3.2 compara las diferentes tarjetas que existen actualmente, basando la comparación en: La cantidad de entradas y salidas (I/O's), este punto es decisivo debido a que su utilizarán tres sensores y tres actuadores lo cual es un número considerable de entradas y salidas, por ende se requiere un equipo que cumpla con estas características.

² Los precios indicados en el presente trabajo corresponden a mayo del 2015.

Al contar con una gran cantidad de información proveniente de los sensores ya que se actualizarán cada 50 ms, se requiere de una gran capacidad de procesamiento. La conexión a internet como ya se mencionó anteriormente se realizara con un adaptador WiFi USB y dicho dispositivo es de conexión USB, por ende se requiere de una tarjeta que cuente con entradas de conexión USB.

Tabla 3.2 Tarjetas inteligentes.

Tarjeta	No I/O's	Puertos USB	Velocidad de procesamiento	Tipo de almacenamiento	Precio USD
Intel Galileo [45]	14 digitales	2	4 núcleos 400MHz	Micro SD	\$99
RaspberryPi [46]	17 digitales	4	4 núcleos 900Mhz	Micro SD	\$45
Mips Creator Ci20	17 digitales	2	2 nucleos 1.2 Ghz	SD	\$65

Como se puede apreciar en la tabla comparativa la tarjeta RaspberryPi, es la mejor elección para nuestros propósitos, por su número de salidas, velocidad y puertos usb, esta tarjeta se muestra en la Figura 3.5.

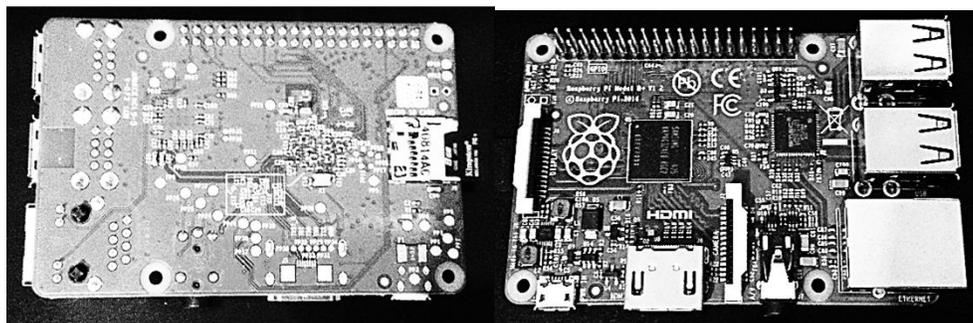


Figura 3.5 Tarjeta inteligente RaspberryPi.

3.3.3 Alimentación

Para la alimentación del sistema se requiere de baterías que puedan dar energía a todo los elementos, la Tabla 3.3 hace una comparación de las diferentes baterías recargables que existen en el mercado, dicha comparación tiene tres puntos: los mAh (mili amperes hora) esenciales para calcular la duración del sistema sin conexiones a fuentes de energía fijas, el precio y las dimensiones físicas para la portabilidad de las baterías.

Tabla 3.3 Baterías portables.

Batería	Dimensiones mm	mAh	Precio USD
Duracell [47]	105 x 65 x 23	1800	\$30.60
jHub [48]	120 x 36x 11	4000	\$39.99
PNY T2200 [49]	14.7X8.4X3.3	2200	\$14.99

La alimentación juega un papel importante y por eso se decidió utilizar la batería que mayor prestigio tuviera, la decisión no fue basada ni en precio ni en duración de la batería misma si no en la calidad del producto por lo cual se decidió usar una batería Duracell la cual vemos en la Figura 3.6.



Figura 3.6 batería Duracell DR7000.

Esta batería tiene un tiempo de vida útil de 3 años según el fabricante, es recargable y tarda aproximadamente 30 min en estar totalmente cargada, y se puede encontrar en tiendas especializadas en electrónica a nivel nacional.

3.3.4 Módulos de comunicación WiFi

La Tabla 3.4 compara módulos de conexión inalámbrica por WiFi la tabla compara dimensiones y precio de las diferentes tarjetas.

Tabla 3.4 Módulos de comunicación WiFi.

Módulo wifi	Dimensiones en mm	Precio en USD
Netgear WN111 [50]	94.5 x 30.2 x 15.2	\$69.99
Tenda [51]	18X8X5 aproximados	\$15.99
Linksys AE2500 [52]	74X23X10	\$39.99

La tarjeta seleccionada por su precio, dimensiones y capacidades es la Tenda W311M, de tamaño reducido y fácil de conectar por ser plug and play, dicha tarjeta se muestra en la Figura 3.7.

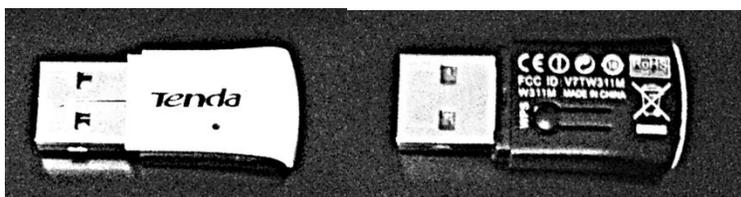


Figura 3.7 Modulo wifi tenda.

3.3.5 Prenda para montaje del sistema

La Tabla 3.5 muestra una comparativa de las prendas deportivas usadas por ciclistas, fijando la comparativa en especializadas para ciclistas, precio e impermeabilidad, aspectos fundamentales para que el usuario se sienta cómodo y el sistema pueda seguir funcionando aún en bajo condiciones no favorables como la lluvia o grande vientos.

Tabla 3.5 Prendas para montaje del sistema.

Prenda	Impermeable	Para ciclismo	Precio dollar USD
Fox 180 Race Y Blackout	Si	Si	\$99
Tour de france	Si	No	\$35
Wolfbike Fleece	Si	Si	\$30
Mavic HC H20	Si	Si	\$50

Finalmente después de ver diseños, permeabilidad y demás cuestiones se decidió usar la chamarra wolfbike, color negro y vivos en verde que se puede observar en la Figura 3.8.



Figura 3.8 Chamarra Wolfbike Fleece.

3.4 Análisis y respuesta de los componentes

Como puede observarse en la Figura 3.9 la interfaz gráfica del sistema operativo está diseñada para la fácil interacción con el usuario, esto cumple con las necesidades para programar y desarrollar este proyecto, además de contar con una barrera de seguridad al requerir de un usuario y contraseña.

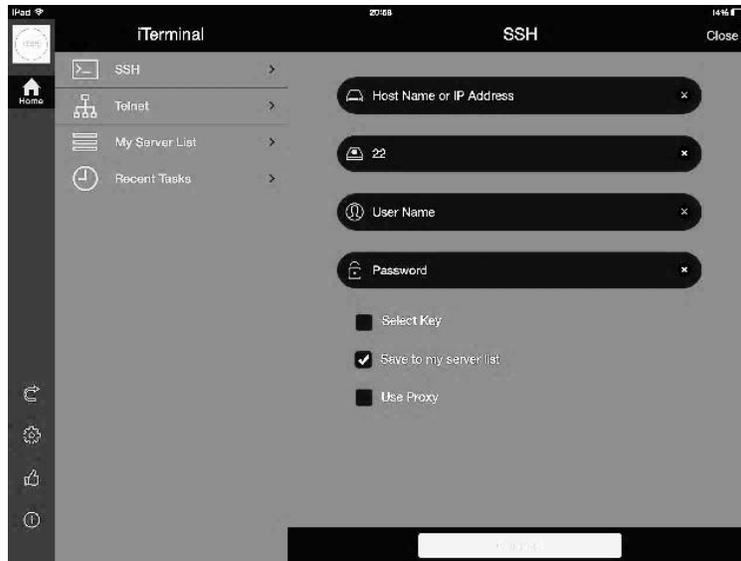


Figura 3.9 Interfaz de usuario.

La respuesta de los sensores es la esperada, cumple con el rango máximo de medición que es de 4 metros, pudiendo ser aumentado hasta 6 metros. Como lo muestra la Figura 3.10 la sensibilidad del sensor así como la precisión del mismo es de ± 0.1 cm, esto nos permite una medición confiable del entorno, en este caso se colocó a 20 cm de distancia de un objeto y se muestran los resultados en la Figura 3.10.



Figura 3.10 Respuesta de los sensores.

Los actuadores por su parte cumplen de buena forma su función de indicar al usuario, de una forma no invasiva, cómoda y que no sea confundida por vibraciones externas, como vibraciones mecánicas de la bicicleta o motocicleta y del camino en general. La Figura 3.11 muestra a los 3 actuadores.



Figura 3.11 Imagen de los tres actuadores.

3.5 Adecuaciones o ajustes al diseño

El voltaje con el que respondieron de mejor manera los actuadores es de 3VCD por lo que se requerirá conectar a la fuente de alimentación de 3.3VCD que tiene la RaspberryPi, lo cual ayudó para no realizar divisores de voltaje u otros dispositivos.

3.6 Consideraciones preliminares para el desarrollo del software

Para el correcto funcionamiento del software se requiere de un sistema operativo que cuente con una interfaz gráfica, además como la tarjeta inteligente está limitada en sus prestaciones de procesamiento, es necesario que el sistema operativo seleccionado no sature o force a la tarjeta con procesos innecesarios para el presente trabajo, como lo puede ser audio o video de alta resolución. El sistema operativo también debe de permitir, junto con el lenguaje de programación una interacción directa con el procesador, para poder manejar entradas y salidas en el puerto de comunicación necesario.

El lenguaje de programación debe cumplir características muy específicas, la principal es que sea compatible con la tarjeta inteligente, y de preferencia que se nativo de la misma, otra característica fundamental es: que nos permita interactuar con alguno de los puertos de la tarjeta, y que nos permite programar directamente el procesador de la tarjeta para poder implementar el algoritmo del presente sistema y así obtener las respuestas esperadas dependiendo del procesamiento y las entradas que reciba la tarjeta.

Para fines de la programación, se requiere que el lenguaje sea orientado a objetos y se pueda observar los resultados del mismo en una pantalla conectada a la tarjeta, además de permitir que la información generada por el programa sea enviada a internet por medio del módulo WiFi.

En cuanto a la presentación de la información en internet se requiere de una aplicación que permita visualizar dicha información en terminales remotas como son

los teléfonos inteligentes, dicha aplicación debe de contar con un método de autenticación del usuario, (usuario y clave), la información por comodidad, deberá ser presentada en texto plano sin formato, con indicadores luminosos para ver la activación de salidas para los actuadores.

3.7 Consideraciones preliminares para la implementación

Al colocar todo el sistema dentro de la prenda se debe considerar:

1. La disposición de los elementos y los métodos de sujeción, tanto los sensores como los actuadores deben de estar fijos en una posición definida para evitar que se caigan o en el caso de los sensores no registre las distancias correctas de los objetos o que los actuadores no sean presididos por el usuario.
2. El cableado debe ser lo mejor posible esto con el fin de evitar molestias al usuario y que el circuito sea más engorroso al armar y colocar.
3. Al fijar de manera definitiva los dispositivos se debe tener mucho cuidado de no dañar la prenda, esto es rasgarla, cortarla o hacer cualquier modificación que dañe la impermeabilidad de la prenda y/o el diseño ergonómico y deportivo con el cual fue diseñada y manufacturada.
4. Al colocar los sensores dentro de la prenda esto deben de quedar a una altura adecuada para el censado y con ángulo suficiente para que cualquier objeto que sea un posible riesgo lo pueda percibir sin ningún problema.

Capítulo 4

**Implementación y desarrollo del
sistema wereable**

Capítulo 4. Implementación o desarrollo del sistema wereable

El presente capítulo desarrollará, la implementación de todos los sistemas que están involucrados en el funcionamiento del proyecto, que va desde el armado de la circuitería, la programación de la interfaz gráfica y del algoritmo de procesamiento, pasando por pruebas y ajustes necesarios.

4.1 Armado de los circuitos

El circuito que se utilizó para el sistema consta de 3 sensores ultrasónicos HC-RS04, conectados a los pines 5, 7, 11, 12, 13 y 15 que corresponde a los puertos I2CO-SCL, GPIO 4, GPIO 17, GPIO 18, GPIO 21 y GPIO 22 respectivamente, estos pines son los encargados de recibir y enviar la señales del sensado. Además de los pines mencionados fue necesario alimentar a los sensores, lo cual se logró al conectar todos los sensores a los pines 2 y 6 que representan +5VCD y GND respectivamente. Se decidió utilizar tres sensores para tener la mayor cobertura de sensado en la parte trasera del ciclista o motociclista, además que permitió focalizar las alarmas de los vibradores a tres sectores, derecha izquierda y atrás.

Aparte de los sensores se utilizaron tres motores excéntricos de masa rotatoria, conectarlos directamente al puerto GPIO, en los pines 16, 18 y 22 que corresponde a los puertos GPIO 23, GPIO 24 Y GPIO 25, respectivamente y al utilizarse una lógica positiva, esto es que la salida del puerto nos envía un voltaje de +3.3VCD, fue necesario conectar los motores al pin 2 que representa GND y con esto permitir la correcta polarización y activación de los motores.

Los elementos anteriormente mencionados fueron conectados a la tarjeta inteligente como lo muestra en el diagrama de la Figura 4.1, todas las conexiones eléctricas se realizaron con cable hembra-hembra marca DuPont que es considerado como uno de los mejores cables para conexiones eléctricas por sus cualidades aislantes y de elasticidad. Cabe mencionar que los vibradores tienen una polaridad muy específica y necesita ser respetada, a diferencia de un motor de CD común.

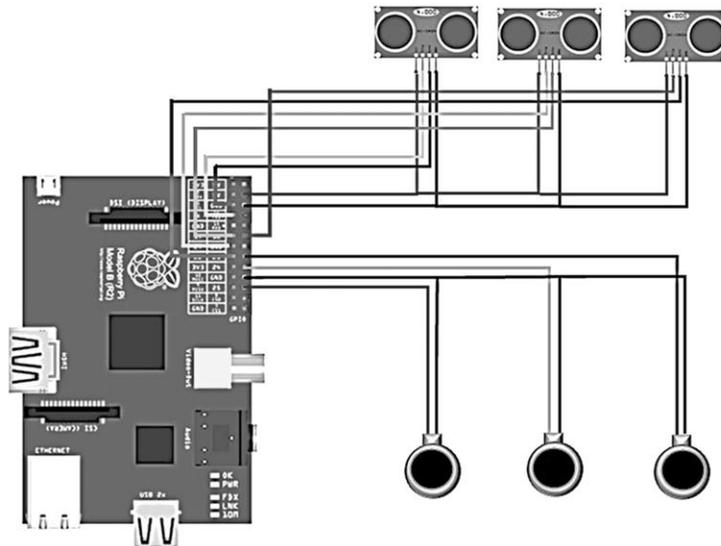


Figura 4.1 Diagrama de conexión de todo el sistema.

El circuito armado físicamente lo muestra la Figura 4.2 donde vemos a todos los elementos electrónicos conectados a la Raspberry pi.



Figura 4.2 Circuito armado con todos los componentes conectados.

4.2 Interfaz de diseño y ejecución de software

Como se mencionó en el capítulo 3 en la tarjeta RaspberryPi se instala un sistema operativo que permite al diseñador, generar el software necesario para la ejecución del sistema en este caso el sistema se llama Raspbian.

Lo anteriormente mencionado es parte del circuito eléctrico sensores y actuadores, pero por otra parte, se requirió que a la tarjeta inteligente se le conectara el módulo WiFi anteriormente descrito En el Capítulo 3, que es de tamaño reducido y requiere de una pequeña configuración la cual se describe a continuación.

Para configurar el módulo wifi, es necesario conectarlo a la RaspberryPi. La Figura 4.3 nos deja ver como es reconocido el módulo wifi dentro de la tarjeta inteligente, este es el primer paso para su configuración, el segundo paso mostrado en la Figura 4.4 es la selección de la red a la que se conectara, al igual que cualquier tarjeta o módulo wifi, requirió de que se le introduzca un usuario y una contraseña.

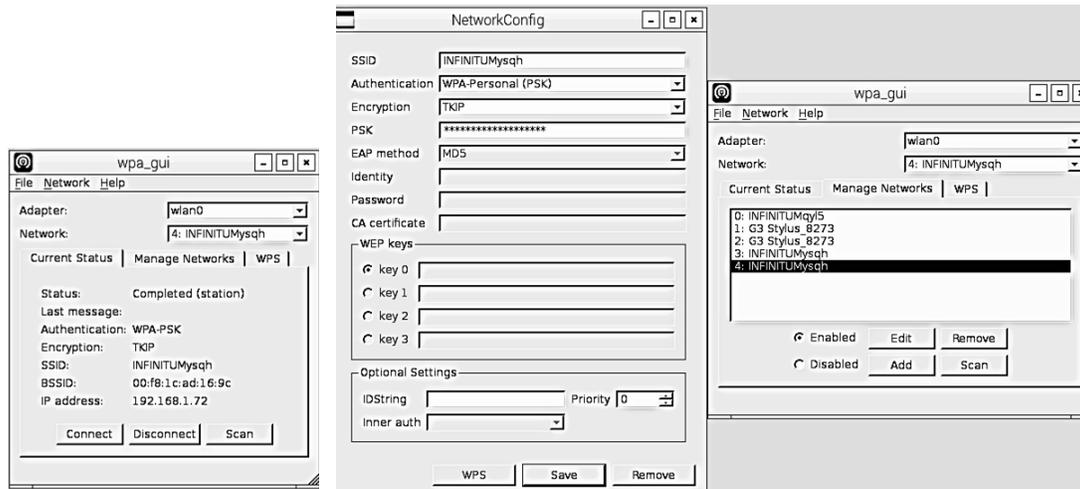


Figura 4.3 Reconocimiento del módulo wifi por la tarjeta RaspberryPi.

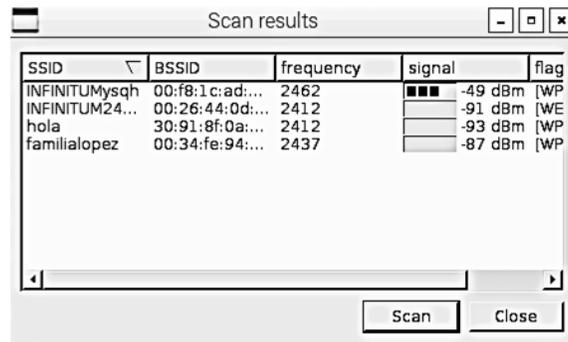


Figura 4.4 Conexión de tarjeta con módulo wifi a red existente.

Todo lo anterior permitió que la tarjeta inteligente RaspberryPi, sea capaz de comunicarse con internet y poder enviar información a dispositivos remotos con conexión a internet.

Otros de los componentes que fue conectados a la RaspberryPi y sin la cual no podría ser un dispositivo móvil, es la batería que brinda de energía a todo el sistema, en capítulo 3 describe de mejor manera la batería, la Figura 4.5 muestra la conexión total de circuito y elementos de alimentación y comunicación de todo el sistema, es todo lo que será montado en la chamarra.

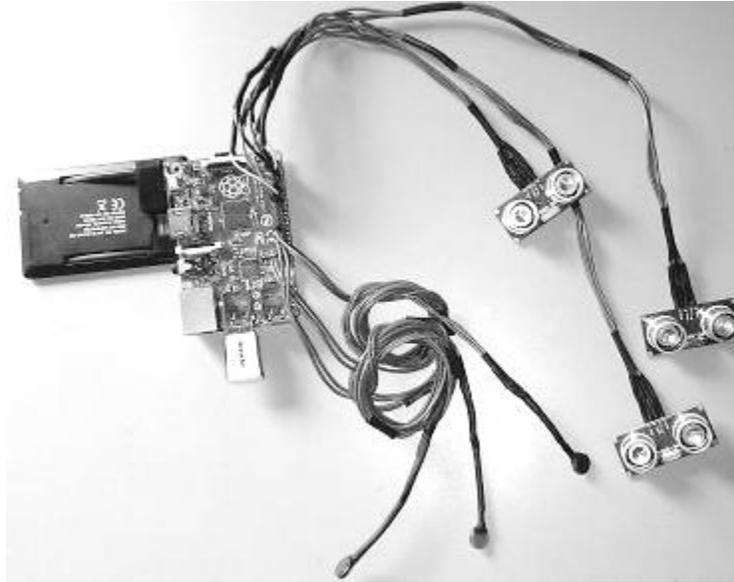


Figura 4.5 Conexión de la batería portátil.

4.3 Pruebas en laboratorio

La primera prueba realizada a todo el sistema conectado se realizó en un ambiente controlado, sin ruido de ningún tipo, con iluminación artificial y a una temperatura de 26°C, para dicha prueba además del sistema conectado en su totalidad se requirió de una pantalla para poder monitorear las mediciones de manera más gráfica, y un elemento de comparación de mediciones que en este caso fue un flexómetro, se realizaron 4 mediciones para comparar cada 70 cm, los resultados son mostrados en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 tabla comparativa de mediciones del sistema vs medición con flexómetro.

Medición en sistema cm	Medición en flexómetro cm
1.673489295	0
70.35787937	70
139.430761337	140
210.949326251	210

4.4 Prueba de los circuitos en las condiciones de operación reales.

Con la finalidad de probar el funcionamiento del sistema se llevó toda la circuitería anteriormente descrita a una avenida transitada y ver que funcionará de la misma forma que en las pruebas realizadas en laboratorio, esto es en condiciones de ruido ambiental, radiación solar, humedad, etc. Factores que podrían afectar el funcionamiento del sistema, dicha prueba se realizó en un cruce con mucho tránsito

vehicular tanto de vehículos ligeros, pesados, motocicletas, bicicletas y peatones. El lugar fue Av. Tláhuac esquina con sonido 13, esto en la delegación Tláhuac en México Distrito Federal, fue un día soleado (contaminación por ruido electromagnético), a una temperatura de 28°C, en esta prueba ya no fue posible conectar la pantalla Led, ni usar el flexómetro como elemento de comparación, para este punto el sistema funcionó como lo hará de manera autónoma y bajo las condiciones anteriormente mencionadas.

Todo el sistema se comportó como se esperaba, los actuadores respondían al acercamiento de personas o vehículos, a la distancia programada que fue de 1.5 metros.

4.5 Programación del algoritmo para la interacción de los sensores y actuadores.

Para programar y configurar de manera adecuada el algoritmo dentro de la RaspberryPi se necesita de un sistema operativo, (que cumple con todas las necesidades planteadas en el capítulo 3 dicho sistema es Raspbian un sistema muy ligero y versátil que es una distribución de Linux.

Como puede apreciarse en la Figura 4.6 al descargar los archivos del sistema operativo [53] para la Raspberry Pi, y al conectarlo a la tarjeta RaspberryPi nos permite escoger el sistema operativo que se desee instalar.

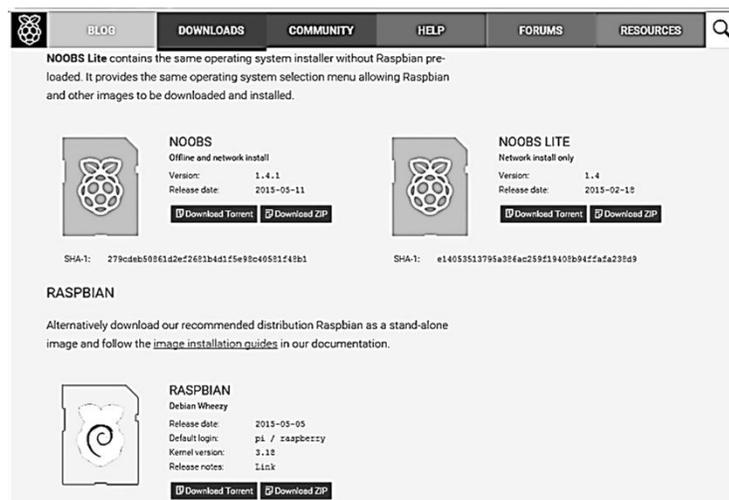


Figura 4.6 Sistemas operativos compatibles con RaspberryPi.

También es necesario contar con Python en su versión más actual, dicho software se puede obtener de manera gratuita en [54] y esté será el lenguaje donde se programara todas las sentencias y algoritmos para el presente prototipo.

Afortunadamente al instalar el sistema operativo Raspbian, se instala de manera conjunta Python en su versión más actual lo que nos ahorra descargarlo e instalarlo en el sistema de la tarjeta. La Figura 4.7 nos deja ver todos los programas que quedan instalados en la tarjeta RaspberryPi al instalar el sistema operativo.

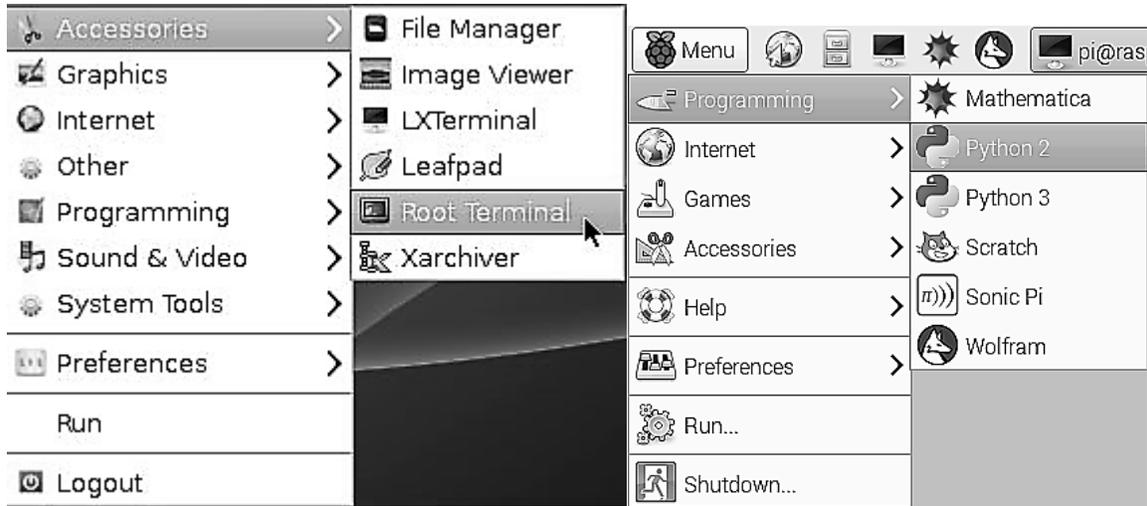


Figura 4.7 Programas pre-instalados en RaspberryPi.

Para el desarrollo del software se requerirá de instalar 2 librerías dentro de Python las cuales se pueden encontrar en: estas librerías son [55]:

RPI. GPIO con la cual podremos comunicarnos al puerto gpio de la tarjeta, elemento que resulta muy importante ya que sin el cual no se podrá enviar ni recibir datos de ningún tipo.

Time es otra de las librerías que necesitamos instalar que nos permitirá medir los tiempos de respuesta del pulso ultrasónico y con ellos calcular la distancia, esta librería también ayudará a poner en pantalla la fecha y hora de los sucesos que puedan causar un accidente y poder almacenarlo para sus posterior análisis.

También se necesitaran de los drivers del módulo wifi el cual se puede descargar de: [56] estos son fundamentales para él envío de datos a internet.

Ahora bien en cuanto al código que se implementó, y se ejecuta actualmente en la terminal grafica en este caso el dispositivo móvil o teléfono inteligente, se decidió agregar la fecha y hora de donde se perciba el posible percance, esto nos ayuda a saber a qué hora existe un mayor riesgo, es evidente que entre más vehículos circulen por las calles mayor es el riesgo para los ciclistas o motociclistas.

Para fines de este proyecto también se requerirá de la instalación de una aplicación dentro de un elemento de visualización remoto, en este caso se utilizara un iPad

con un procesador A6 2,5 GHz con CPU quad-core con, 2 Gb de RAM y 32 GB de memoria interna.

La aplicación será SSH que puede ser instalada tanto en dispositivos Apple como Android y se puede obtener de <http://www.ssh.com/es> es muy versátil, la Figura 4.8 muestra la captura de pantalla de dicha aplicación, como puede observarse nos pide un usuario, y una contraseña además de la dirección IP del dispositivo.



Figura 4.8 Interfaz de usuario de interfaz SSH.

4.6 Programación.

Para este punto como fue mencionado anteriormente se utilizó el lenguaje de programación Python, que en conjunto con el algoritmo mostrado en el Capítulo 3 se logró el correcto funcionamiento del sistema, recordemos que toda esta información es enviada a internet, para lo cual nos es de gran ayuda SSH.

El código fuente de todo el programa lo muestra la Figura 4.9, como se puede apreciar no es un código muy extenso ni muy complejo, lo realmente relevante de este trabajo es la concepción de la idea y el beneficio de dicha idea a nuestro entorno social.

```

1 import RPi.GPIO as GPIO
2 import time
3 GPIO.setwarnings(False)
4 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
5
6
7
8 vibrator_1= 16
9 vibrator_2= 20
10 vibrator_3= 21
11 TRIGGER_1 = 17
12 TRIGGER_2 = 22
13 TRIGGER_3 = 19
14 ECHO_1 = 18
15 ECHO_2 = 23
16 ECHO_3 = 26
17
18 GPIO.setup(vibrator_1,GPIO.OUT)
19 GPIO.setup(TRIGGER_1,GPIO.OUT)
20 GPIO.setup(ECHO_1,GPIO.IN)
21 GPIO.output(TRIGGER_1,False)
22
23 GPIO.setup(vibrator_2,GPIO.OUT)
24 GPIO.setup(TRIGGER_2,GPIO.OUT)
25 GPIO.setup(ECHO_2,GPIO.IN)
26 GPIO.output(TRIGGER_2,False)
27
28 GPIO.setup(vibrator_3,GPIO.OUT)
29 GPIO.setup(TRIGGER_3,GPIO.OUT)
30 GPIO.setup(ECHO_3,GPIO.IN)
31 GPIO.output(TRIGGER_3,False)
32
33 try:
34     while True:
35
36         GPIO.output(TRIGGER_1,True)
37         time.sleep(0.00001)
38         GPIO.output(TRIGGER_1,False)
39         start = time.time()
40         while GPIO.input(ECHO_1)==0:
41             start = time.time()
42         while GPIO.input(ECHO_1)==1:
43             stop = time.time()
44             elapsed = stop-start
45             distance = (elapsed * 34300)/2
46
47         if distance <= 100:
48             GPIO.output(vibrator_1, True)
49             print "Fecha y hora, y cercania con sensor de la izquierda " + time.strftime("%c")
50             print distance
51         else:
52             GPIO.output(vibrator_1, False)
53
54
55         GPIO.output(TRIGGER_2,True)
56         time.sleep(0.00001)
57         GPIO.output(TRIGGER_2,False)
58         start2 = time.time()
59         while GPIO.input(ECHO_2)==0:
60             start2 = time.time()
61         while GPIO.input(ECHO_2)==1:
62             stop2 = time.time()
63             elapsed2 = stop2-start2
64             distance2 = (elapsed2 * 34300)/2
65
66

```

Figura 4.9 Código de programa.

4.7 Montaje en la prenda.

Ya que el circuito funciona correctamente en las condiciones de operación reales, es momento de la fase final, que es el montaje en la chamarra, esta fase involucra además del desarrollo tecnológico, la colaboración de un sastre para el montaje de los elementos.

Debido a la recomendación del sastre involucrado, se decidió coser a la prenda un trozo de tela, la cual ayudara como funda a los cables con los que se conectaran los vibradores, dicho aditamento lo muestra la Figura 4.10, según palabras del propio sastre "Resultado difícil coser la tela" esto es debido a las cualidades de la prenda, al ser especializada para ciclistas, es de un material más grueso, por lo cual era complejo perforarla por la máquina de coser.



Figura 4.10 Adecuaciones de la prenda para montaje de los elementos.

Como se mencionó anteriormente para el montaje del cableado, se requirió de adicionar tela que sirviera como soporte a dichos cables, la tela adicionada tiene las mismas características elásticas que la prenda.

Además de la tela, se decidió fabricar seguros que permitieran la sujeción de los sensores ultrasónicos, todo esto permitirá que tanto los vibradores, los sensores, y todos los elementos involucrados sean fácilmente desmontables.

Dichos seguros fueron fabricados en acero inoxidable 316, de 1/8 de pulgada de espesor por 1/8 de pulgada de ancho y 5/8 de diámetro interior lo que permite la colocación exacta de los sensores, sin la necesidad de cocerlos.

4.8 Prueba de la prenda por un motociclista.

Para la última prueba se decidió que el sistema fuera probado por un ciclista en un recorrido de 18 km, de la delegación Tlalpan a la delegación Tláhuac, lo cual involucraba más factores, como lo es el sudor, el incremento de la temperatura por parte del ciclista, las condiciones ambientales fueron de 14°C, nublado con posibilidad de lluvia.

Para fines prácticos se decidió monitorear la actividad de manera remota, se colocó una cámara, también conectada a la RaspberryPi, para monitorear de manera remota el comportamiento del sistema y el acercamiento de los vehículos.

Dicha cámara tien las siguientes características:

Resolución: 5MP

Vídeo: 1080p30 , 720p60 y 640x480p60 / 90 video

Interface: CSI

Dimensiones: 25x20x9mm

Peso: 3.2g

La figura 4.11 muestra una imagen de la cámara funcionando y un vehículo aproximándose.



Figura 4.11 Cámara para fines prácticos y vehículo cerca.

La Figura 4.12 muestra la reacción del sistema alertando al ciclista de la presencia del vehículo, y la impresión de pantalla de la distancia de cercanía y de la fecha y hora del incidente.

```
iPad 9:11 p.m. 192.168.1.72 Close
Back
:17.097306252
Fecha y hora, y cercanía con sensor de la izquierda Tue Oct 6 01:11:32 2015
:16.430819035
Fecha y hora, y cercanía con sensor de la izquierda Tue Oct 6 01:11:33 2015
:04.303705013
Fecha y hora, y cercanía con sensor de atras Tue Oct 6 01:11:33 2015
:26.72252655
Fecha y hora, y cercanía con sensor de atras Tue Oct 6 01:11:33 2015
:25.160574913
Fecha y hora, y cercanía con sensor de la izquierda Tue Oct 6 01:11:33 2015
:17.25268364
Fecha y hora, y cercanía con sensor de la izquierda Tue Oct 6 01:11:34 2015
:19.415700436
Fecha y hora, y cercanía con sensor de la izquierda Tue Oct 6 01:11:34 2015
:17.530727386
Fecha y hora, y cercanía con sensor de la izquierda Tue Oct 6 01:11:34 2015
:04.887914658
Fecha y hora, y cercanía con sensor de atras Tue Oct 6 01:11:34 2015
:25.724840164
Fecha y hora, y cercanía con sensor de la izquierda Tue Oct 6 01:11:35 2015
:40.88640213
Fecha y hora, y cercanía con sensor de la izquierda Tue Oct 6 01:11:35 2015
:05.505335331
Fecha y hora, y cercanía con sensor de atras Tue Oct 6 01:11:35 2015
:26.857459545
Fecha y hora, y cercanía con sensor de la izquierda Tue Oct 6 01:11:35 2015
:16.860151291
Fecha y hora, y cercanía con sensor de atras Tue Oct 6 01:11:35 2015
:17.305839062
Disconnect
```

Figura 4.12 Reacción del sistema ante posible peligro.

Conclusiones

Conclusiones

Llevar tecnología de punta a acciones cotidianas abre un mar de posibilidades para el desarrollo tecnológico, si estos desarrollos brindan seguridad y bienestar a personas en situaciones nunca antes atendidas, se generara un enorme cambio en la cultura colectiva que permitirá al gobierno crear más y mejores políticas públicas que salvaguarden nuestra integridad en las vialidades.

La principal aportación de este desarrollo es la generación de un prototipo funcional que enfrenta directamente un problema de la ciudad de México, se logró una alerta no invasiva para ciclistas, dicha alerta es percibida por la persona en peligro y no por las personas a su alrededor como lo hace la gran mayoría de las prendas para transito urbano.

El sistema desarrollado en el presente trabajo, recopila información que permite saber de forma fidedigna, la cantidad de peligros a los que se enfrenta un ciclista, muchos de los cuales ni los mismos ciclistas tiene conciencia de ellos, además de poder almacenar toda esa información en un dispositivo móvil, con desarrollos como el presente se incentiva el uso de medios de transporte alternativos debido a que brinda mayor seguridad a los ciclistas y la seguridad es uno de los principales motivos por los cuales no se utilizan estos medios de transporte.

Recomendaciones

Recomendaciones.

Según lo observado por el circuito se recomienda al usuario lo siguiente:

- Evitar colocar los brazos en la espalda y en una posición cercana a los sensores, estos incidentes y/o falsas alarmas ocurrieron 3 veces un número considerablemente bajo, pero es de suma importancia evitar colocar los brazos en dichas posiciones.
- Inclinarse lo menor posible el cuerpo hacia adelante. Al inclinarse demasiado hacia adelante, esto es llegar a casi una horizontal y paralelo al asfalto, el sensor área de sensado no es la suficiente para detectar los posibles riesgos, esta observación no ocurrió, o no se vio reflejada ninguna vez pero es una condición que debe ser considerada a la hora de usar la prenda.
- No colocar mochilas o bultos en la espalda. Al igual que el primer punto es necesario que el área de sensado quede totalmente despejada que ningún objeto y/o persona obstruya dicho campo, ya que se observó que muchos, principalmente motociclistas viajan con bultos en la parte posterior de la motocicleta.
- La batería da energía a todo, por lo que es necesario recargarla cada que sea necesario, su vida media es de 5 horas.
- Para lavar la prenda es necesario desmontar toda la circuitería y volverla a montar, todo el sistema está diseñado, para que estas acciones sean lo más fáciles posibles, tanto el desmontaje como el montaje.
- Esta prenda no sustituye de ninguna manera los instrumentos de protección físicos y personales, los personales como lo son: casco, guantes, coderas y rodilleras. Los físicos como lo son circular por carriles de baja velocidad, utilizar las ciclovías donde existan y respetar todas las señalizaciones viales existentes.
- Es de suma importancia mantener nuestros 5 sentidos alerta, el uso de celulares, distrae nuestra vista de la conducción, escuchar música también reduce nuestros tiempos de respuesta antes de claxon o señalamientos sonoros.

Apéndices

Apéndice A, Glosario de términos

Actuador	Elemento eléctrico, electrónico o mecánico que efectúa una acción de acuerdo a las señales o mandatos de un dispositivo de control.
Dirección IP	Una dirección IP es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a un interfaz de un dispositivo dentro de una red que utilice el protocolo IP, que corresponde al nivel de red del Modelo OSI.
GNU/Linux	Término empleado para referirse a la combinación del núcleo o kernel libre similar a Unix denominado Linux con el sistema GNU.
GPIO	GPIO (General Purpose Input/Output, Entrada/Salida de Propósito General) es un pin genérico en un chip, cuyo comportamiento (incluyendo si es un pin de entrada o salida) se puede controlar (programar) por el usuario en tiempo de ejecución.
GPS	Sistema de posicionamiento global, es un sistema que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros, aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión
Internet	Es una red que permite la conexión de diferentes dispositivos bajo el protocolo TCP/IP.
mAh	Un amperio hora es una unidad de carga eléctrica y se abrevia como Ah. Indica la cantidad de carga eléctrica que pasa por los terminales de una batería, si ésta proporciona una corriente eléctrica de 1 amperio durante 1 hora, el termino mAh define una milésima parte de un amperio hora.
Python	Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma.
Sensor	Dispositivo generalmente electrónico que transforma una señal de un entorno físico a una señal eléctrica, para su posterior procesamiento o transporte.
Sensor difuso	Es un método de detección que tienen algunos sensores, que consiste en que en una misma carcasa el sensor contiene un emisor y un receptor. El sensor emite un haz de luz hacia un

objetivo distante, que actúa como un reflector, volviendo parte de la luz transmitida al sensor. El receptor detecta la cantidad de luz reflejada por el objetivo, activando el sensor cuando la intensidad de la luz alcanza un valor de umbral.

- Smartphones Es un teléfono inteligente construido bajo una plataforma o Sistema operativo, que permite realizar múltiples actividades y conexiones a diferentes tipos de redes, como lo es internet, bluetooth, etc.
- Software Se conoce como software¹ al equipamiento lógico o soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos que son llamados hardware.
- SSH SSH (Secure SHell, en español: intérprete de órdenes segura) es el nombre de un protocolo y del programa que lo implementa, y sirve para acceder a máquinas remotas a través de una red
- TCP/IP Conjunto de guías para la implementación de protocolos de red específicos, su mayor relevancia surge por su uso principalmente con internet.
- Ultrasonido Vibración mecánica de frecuencia superior a la de las que puede percibir el oído."las frecuencias que superan las 20000 vibraciones por segundo son los ultrasonidos"
- VCD Unidad de medida de voltaje en corriente directa, que es un flujo unidireccional de carga eléctrica, producida generalmente por baterías, celdas solares, etc.
- Wearable Wearable hace referencia al conjunto de aparatos y dispositivos electrónicos que se incorporan en alguna parte de nuestro cuerpo interactuando continuamente con el usuario y con otros dispositivos con la finalidad de realizar alguna función específica.
- WiFi Mecanismo de conexión inalámbrico de cualquier tipo de dispositivo a internet de gran auge y popularidad hoy en día debido a su alcance y velocidad.

Apéndice B comandos de Python

Algunos comandos en Python.

La sentencia **if**, que ejecuta condicionalmente un bloque de código, junto con los demás y el **if** (una contracción de else-if).

La sentencia **for**, que itera sobre un objeto iterable, capturando cada elemento a una variable local para su uso por el bloque adjunto.

La sentencia **while**, que ejecuta un bloque de código, siempre y cuando su condición es verdadera.

La sentencia **try**, que permite excepciones planteadas en su bloque de código adjunto a ser capturados y manipulados por excepción cláusulas; sino que también asegura que el código de limpieza en un bloque finally siempre se ejecutará independientemente de cómo las salidas de bloque.

La declaración de **class**, que ejecuta un bloque de código y concede su espacio de nombres local para una clase, para su uso en la programación orientada a objetos.

La declaración **def**, que define una función o método.

La declaración **pass**, que sirve como un NOP. Es sintácticamente se necesita para crear un bloque de código vacío.

La sentencia **assert**, utilizado durante la depuración para comprobar si hay condiciones que deben aplicar.

La sentencia **import**, que se utiliza para los módulos de importación cuyas funciones o variables se pueden utilizar en el programa actual.

La sentencia **print** se cambió a la función `print ()` en Python 3.

Tipo de datos

Tipo	Clase	Notas	Ejemplo
<code>str</code>	Cadena	Inmutable	'Cadena '
<code>unicode</code>	Cadena	Versión Unicode de str	u 'Cadena '

list	Secuencia	Mutable, puede contener objetos de diversos tipos	[4.0, 'Cadena', True]
tuple	Secuencia	Inmutable, puede contener objetos de diversos tipos	(4.0, 'Cadena', True)
set	Conjunto	Mutable, sin orden, no contiene duplicados	set([4.0, 'Cadena', True])
frozenset	Conjunto	Inmutable, sin orden, no contiene duplicados	frozenset([4.0, 'Cadena', True])
dict	Mapping	Grupo de pares clave:valor	{'key1': 1.0, 'key2': False}
int	Número entero	Precisión fija, convertido en <i>long</i> en caso de overflow.	42
long	Número entero	Precisión arbitraria	42L ó 456966786151987643L
float	Número decimal	Coma flotante de doble precisión	3.1415927
complex	Número complejo	Parte real y parte imaginaria <i>j</i> .	(4.5 + 3j)
bool	Booleano	Valor booleano verdadero o falso	True o False

Referencias

Referencias

- [1] C. Gilsoo, S. Lee y J. Cho, *Smart Clothing: Technology and applications*, Boca Raton Florida USA: CRC Press, 2009.
- [2] X. Tao, *Smart Fibres, Fabrics and Clothing: Fundamentals and Applications*, Boca Raton Florida USA: CRC Press, 2001.
- [3] X. Tao, *Wearable electronics and photonics*, Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2005.
- [4] K. C. a. N. C. Minyoung Suh, «Critical Review on Smart Clothing Product Development,» *Journal of Textile an Apparelm Technology and Management*, vol. 6, nº 27695-8301, p. 18, 2010.
- [5] «Geektimes,» [En línea]. Available: <http://geektimes.ru/post/86713/>. [Último acceso: 11 mayo 2015].
- [6] D. Murph, «Engadget,» 13 Octubre 2006. [En línea]. Available: <http://www.engadget.com/2006/10/13/ermenegildo-zegnas-ipod-ready-ijacket/>. [Último acceso: 13 mayo 2015].
- [7] «moreinspiration,» 30 Junio 2006. [En línea]. Available: <http://www.moreinspiration.com/article/326/self-adapting-shoes?p=active&t=sports>. [Último acceso: 13 mayo 2015].
- [8] P. Miller, «engadget,» 8 Agosto 2006. [En línea]. Available: <http://www.engadget.com/2006/08/08/levis-ipod-jeans-break-the-bank-look-like-a-dork/>. [Último acceso: 13 mayo 2015].
- [9] «typepad,» 11 septiembre 2006. [En línea]. Available: <http://in3.typepad.com/hnbic/telemedicine/>. [Último acceso: 15 mayo 2015].
- [10] P. D, *Sensors and transducers*, India: Prentice Hall India, 2003.
- [11] «Sensores,» [En línea]. Available: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>. [Último acceso: 3 marzo 2015].

- [12] M. McGrath y C. Ní Scanail, *Sensor Technologies: Healthcare, Wellness and Environmental Applications*, Apress, 2013.
- [13] A. SErna, F. A. Ros Garcia y J. C. Rico, *Guía Práctica de sensores*, España: Creaciones Copyright, 2010.
- [14] «techmake,» [En línea]. Available: <http://www.techmake.com/sen-00029.html>. [Último acceso: 12 abril 2015].
- [15] V. Eugenio. [En línea]. Available: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>.. [Último acceso: 13 abril 2015].
- [16] B. KUO, *Sistemas de control automático*, Mexixo: Pearson Education, 1996.
- [17] J. A. E. G. Álvarez, «Asi Funciona,» [En línea]. Available: http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_motor_cd/af_motor_cd_5.htm. [Último acceso: 21 abril 2015].
- [18] «Precisionmicrodrives,» [En línea]. Available: <http://www.precisionmicrodrives.com/vibrating-vibrator-vibration-motors/linear-resonant-actuator-lra-haptic-vibration-motors>. [Último acceso: 28 abril 2015].
- [19] G. SAMIRA y J. ALBERTO, «Microcontroladores,» 5 diciembre 2008. [En línea]. Available: <http://losmicrocontroladores.blogspot.mx/2008/12/microcontroladores-historia-las.html>. [Último acceso: 2 mayo 2015].
- [20] D. Gonzales, «Slideshare,» 20 diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/rayback58/curso-de-microcontroladores-pic18-f4550>. [Último acceso: 3 mayo 2015].
- [21] Raspberry PI foundation, [En línea]. Available: <http://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>.. [Último acceso: 4 mayo 2015].
- [22] J. Molina, *Sistemas Operativos en Entornos monousuario y multiusuario, Windows 2003 Server y Linux*, Madrid España: Vision NET, 2007.
- [23] O. David, «Concepto Definicion,» 22 mayo 2011. [En línea]. Available: <http://conceptodefinicion.de/linux/>. [Último acceso: 16 mato 2015].

- [24] I. Condor, Aplicaciones del Excel 2007 con Macros y VBA, 2007.
- [25] M. M, Programación en C: Mann 2007]., 2007.
- [26] M. D. Pierro, «web3py,» 2015. [En línea]. Available: <http://web2py.com/books/default/chapter/36/02/el-lenguaje-python>. [Último acceso: 27 abril 2015].
- [27] W. Webb, The future of Wireless Communication, Norwood: Artech House, 2001.
- [28] UNAM, «Ptolomeo,» [En línea]. Available: [<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/229/A7.pdf?sequence=7>]. [Último acceso: 2 mayo 2015].
- [29] IEEE, «IEEE 802.11TM WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS,» [En línea]. Available: <http://www.ieee802.org/11/>. [Último acceso: 2 mayo 2015].
- [30] WordPress, «WordPress,» [En línea]. Available: <https://redwifi.wordpress.com/definicion-de-wifi/>. [Último acceso: 2 mayo 2015].
- [31] D. Guillen, «Tecnologías LTE movil 4G,» [En línea]. Available: <http://ltemovil4g.blogspot.mx/2012/04/3g-vs-4g-velocidad-frecuencias-y.html>. [Último acceso: 5 mayo 2015].
- [32] norfiPC, «Redes de transición de datos,» [En línea]. Available: <http://norfipc.com/celulares/redes-transmision-datos-usadas-telefonos-celulares.php>. [Último acceso: 6 mayo 2015].
- [33] Wikipedia, «Wikipedia,» [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_4G. [Último acceso: 6 mayo 2015].
- [34] B. Daniel, S. Richard y B. Robert, SSH, The Secure Shell: The Definitive Guide, USA: O'Reilly, 2005.
- [35] Networksociety, «Networksociety,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.networksorcery.com/enp/protocol/tcp.htm>. [Último acceso: 20 mayo 2015].
- [36] P. Aguilera López, Informática 4° ESO, EDITEX, 2008.

- [37] [En línea]. Available: <http://www.healthmission.biz/body-pressure-points/>. [Último acceso: 22 05 2014].
- [38] [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_ion_de_litio. [Último acceso: 22 05 2015].
- [39] [En línea]. Available: http://www.microsonic.de/DWD/_111327/upload/media_6432.gif. [Último acceso: 22 05 2015].
- [40] [En línea]. Available: <https://www.fayerwayer.com/2007/05/80211n-wi-fi-mas-rapido-y-mas-lejos-que-nunca/>. [Último acceso: 24 05 2015].
- [41] [En línea]. Available: http://www.optex-fa.com/product/tof_series/index.html. Febrero 2015. [Último acceso: 24 05 2015].
- [42] [En línea]. Available: <http://ab.rockwellautomation.com/es/Sensors-Switches/General-Purpose-Photoelectric-Sensors/Series-9000-Sensors-> Febrero 2015. [Último acceso: 24 05 2015].
- [43] [En línea]. Available: <http://www.techmake.com/sen-00029.html>. [Último acceso: 25 05 2015].
- [44] [En línea]. Available: <http://www.schneider-electric.com/products/ie/en/4900-sensors-rfid-system/4925-proximity-presence-sensors/511-osisense-xu/>. [Último acceso: 25 05 2015].
- [45] [En línea]. Available: <http://www.intel.la/content/www/xl/es/do-it-yourself/galileo-maker-quark-board.html>. [Último acceso: 26 05 2015].
- [46] [En línea]. Available: <http://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>. [Último acceso: 26 05 2015].
- [47] [En línea]. Available: <http://www.amazon.com/Duracell-Instant-Charger-Includes-Universal/dp/B002FU6KF2>. [Último acceso: 27 05 2015].
- [48] [En línea]. Available: <http://www.modernportable.com/jHub-Ultra-Power-Bank/b/10189565011>. [Último acceso: 27 05 2015].
- [49] [En línea]. Available: https://pny.com/BATTERY_2200_1A_BLACK_RB. [Último acceso: 27 05 2015].

- [50] [En línea]. Available: <http://support.netgear.com/product/wn111v1>. [Último acceso: 28 05 2015].
- [51] [En línea]. Available: <http://www.tenda.cn/en/product/W311M.html>. [Último acceso: 28 05 2015].
- [52] [En línea]. Available: <http://support.linksys.com/es-latam/support/adapters/AE2500>. [Último acceso: 28 05 2015].
- [53] «Raspberry Pi,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/downloads/>. [Último acceso: 07 2015].
- [54] «Python,» [En línea]. Available: <https://pypi.python.org> . [Último acceso: 07 2015].
- [55] «Librerías python,» [En línea]. Available: <https://pypi.python.org/pypi/>. [Último acceso: 2015].
- [56] «Tenda,» [En línea]. Available: <http://www.tenda.com/>. [Último acceso: 2015].