



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Aporte de las Redes Inalámbricas de sensores corporales y su alcance
con la llegada de redes de alto desempeño en el campo de la
electrónica medica preventiva en la medición de ritmos cardiacos.**

AUTOR:

Mera Rivadeneira, William Ricardo

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

M. Sc. Bastidas Cabrera, Tomás Gaspar

Guayaquil, Ecuador

11 de marzo del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Mera Rivadeneira, William Ricardo como requerimiento para la obtención
del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

M. Sc. Bastidas Cabrera, Tomás Gaspar

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 11 días del mes de marzo del año 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Mera Rivadeneira, William Ricardo**

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación “**Aporte de las Redes Inalámbricas de sensores corporales y su alcance con la llegada de redes de alto desempeño en el campo de la electrónica medica preventiva en la medición de ritmos cardiacos**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 11 del mes de febrero del año 2019

EL AUTOR

MERA RIVADENEIRA, WILLIAM RICARDO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Mera Rivadeneira, William Ricardo**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Aporte de las Redes Inalámbricas de sensores corporales y su alcance con la llegada de redes de alto desempeño en el campo de la electrónica medica preventiva en la medición de ritmos cardiacos”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 11 del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR

MERA RIVADENEIRA, WILLIAM RICARDO

REPORTE DE URKUND

The screenshot displays the Urkund software interface. At the top, the 'Lista de fuentes' (List of sources) tab is active, showing a list of detected sources with their respective match percentages. The sources listed are:

- TESIS WILLIAM MERA.docx (100%)
- DEVY MORA.docx (100%)
- <https://www.scientificamerican.com/article/wearable-sweat-sensor-paves-the-w...> (100%)
- Wearable Sweat Sensor Paves the Way for Real-Time Analysis of Body Chemistry - (100%)
- Wearable Sweat Sensor Paves the Way for Real-Time Analysis of Body Chemistry - (100%)

Below the list, the main document content is displayed. The text includes:

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Aporte de las Redes Inalámbricas de sensores corporales y su alcance con la llegada de redes de alto desempeño en el campo de la electrónica medica preventiva en la medición de ritmos cardiacos.

AUTOR: William Ricardo Mera Rivadeneira

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: MSc. Bastidas Cabrera, tomas Gaspar

Reporte Urkund del trabajo de titulación de Ingeniería en Telecomunicaciones, denominado: **Aporte de las Redes Inalámbricas de sensores corporales y su alcance con la llegada de redes de alto desempeño en el campo de la electrónica medica preventiva en la medición de ritmos cardiacos**, del estudiante **William Ricardo Mera Rivadeneira** se encuentra al 0% de coincidencias.

Atentamente.

M. Sc. Bastidas Cabrera, Tomás Gaspar
Revisor

DEDICATORIA

Gracias a Dios en primer lugar por estar siempre presente en cada tropiezo y en cada alegría de mi vida. A mi madre y mi hermana que por su gran esfuerzo, sacrificio y apoyo que me han dado toda la vida y en todo el trayecto de este gran y provechoso desafío, gracias a ellas estoy donde estoy. A mi padre por sus sabios consejos siempre, por su motivación y gran apoyo, por corregirme y enseñarme el camino correcto a seguir.

A mi hermano por su confianza, porque desde pequeño ha sido mi ejemplo a seguir, por compartir conmigo su amor por el futbol y enseñarme que no hay cosa más linda en el mundo que ser Emelecista. A Devy mi novia, amiga y compañera, porque luchamos hombro con hombro para cumplir esta meta, porque sus palabras de aliento en momentos difíciles fueron más que importantes para seguir adelante.

Y la dedicatoria más especial, a mis sobrinas mis angelitos. Mis tesoros más preciados que Dios y mis hermanos me han dado, mi motor y motivación más grande para culminar este gran reto, que con solo escucharlas mi mundo se vuelve perfecto.

EL AUTOR

MERA RIVADENEIRA, WILLIAM RICARDO

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme cumplir este sueño, que a pesar de tantas dificultades pude llegar a la meta. A mis padres por ser mis guías, mi aliento y mi motivación desde siempre y mis ganas de superarme siempre. A mi familia y a mi enamorada, por sus consejos y el apoyo incondicional en cada etapa de este gran reto, y a mí enamorada en especial por siempre estar ahí en los momentos difíciles simplemente gracias.

A mi tutor y amigo el Ing. Tomas Bastidas, por su enorme paciencia, guía y aliento para culminar este gran reto final. A mis compañeros y amigos, por tantas anécdotas a lo largo de la vida universitaria que hicieron de esta etapa, algo inigualable.

EL AUTOR

MERA RIVADENEIRA, WILLIAM RICARDO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DECANO

f. _____

M. Sc. PALACIOS MELENDEZ, EDWIN FERNANDO
COORDINADOR DE AREA

f. _____

M. Sc. ZAMORA CEDEÑO, NESTOR ARMANDO
OPONENTE

Índice General

| | |
|---|------|
| Índice de figuras..... | XII |
| Índice de tablas..... | XIII |
| Resumen | XIV |
| Abstract..... | XV |
| Capítulo 1: Descripción General | 2 |
| 1.1. Introducción. | 2 |
| 1.2. Antecedentes. | 3 |
| 1.3. Definición del Problema. | 4 |
| 1.4. Justificación. | 4 |
| 1.5. Objetivos del Problema de Investigación. | 5 |
| 1.5.1. Objetivo General..... | 5 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos..... | 5 |
| 1.6. Problemática. | 5 |
| 1.7. Hipótesis. | 6 |
| 1.8. Metodología de Investigación..... | 6 |
| Capítulo 2: Fundamentación teórica. | 7 |
| 2.1. Que es una red de sensores..... | 7 |
| 2.1.1. Características principales de una WSN (Wireless Sensor Network). 9 | |
| 2.2. Llegada de los transductores inteligentes..... | 10 |
| 2.3. Escenarios de aplicación. | 13 |
| 2.3.1. Monitoreo..... | 13 |
| 2.3.2. Reconocimiento de eventos..... | 13 |
| 2.3.3. Aplicaciones ambientales. | 14 |
| 2.3.4. Aplicaciones militares. | 15 |
| 2.3.5. Aplicaciones domésticas..... | 16 |
| 2.3.6. Aplicaciones comerciales..... | 16 |

| | | |
|--|--|----|
| 2.3.7. | Aplicaciones industriales..... | 17 |
| 2.3.8. | Aplicaciones médicas. | 17 |
| 2.4. | Sensores wereables..... | 18 |
| 2.4.1. | Características y requisitos..... | 20 |
| 2.4.2. | Historia..... | 21 |
| 2.4.3. | Modernos sistema wereables. | 23 |
| 2.5. | Red de sensores wereables..... | 24 |
| 2.5.1. | Funcionalidad y sensores más utilizados..... | 26 |
| 2.6. | Tecnologías Wireless para la realización de las WBAN (Wireless Sensor Area Network)..... | 28 |
| 2.7. | Topologías de red. | 29 |
| 2.7.1. | Topología estrella. | 30 |
| 2.7.2. | Topología malla y topología árbol..... | 30 |
| 2.8. | Enfermedades cardiovasculares..... | 32 |
| 2.8.1. | Taquicardia supra ventricular..... | 32 |
| 2.8.2. | Taquicardia sinusal..... | 33 |
| 2.8.3. | Aleteo auricular..... | 33 |
| 2.8.4. | Fibrilaciones..... | 33 |
| 2.8.5. | Aneurisma..... | 33 |
| 2.8.6. | Síndrome del seno enfermo..... | 33 |
| 2.8.7. | Bradicardia..... | 33 |
| 2.8.8. | Trastornos de la conducción..... | 34 |
| 2.9. | Índices de mortalidad. | 34 |
| Capítulo 3: Aportaciones de las WBAN (Wireless Body Area Network)..... | | 37 |
| 3.1. | Consideraciones energéticas de las WSN (Wireless Sensor Network). 37 | |
| 3.2. | Redes de área corporal..... | 39 |
| 3.2.1. | Tecnologías de área corporal. | 39 |

| | |
|--|----|
| 3.2.2. Infrarrojo. | 40 |
| 3.2.3. Bluetooth..... | 41 |
| 3.2.4. IEEE 802.15.4 e ZigBee. | 44 |
| 3.2.4.1. Tecnología NFC (Near Field Communication)..... | 45 |
| 3.2.4.2. Tecnología UWB (Ultra Wide Band). | 46 |
| 3.3. Comparación entre tecnologías aplicadas en las WBSN. | 47 |
| 3.4. Importancia de dispositivos corporales. | 47 |
| Capítulo 4 | 50 |
| 4.1. Conclusiones..... | 50 |
| 4.2. Recomendaciones | 51 |
| Bibliografía..... | 52 |
| Anexos..... | 56 |

Índice de figuras.

Capítulo 2:

| | |
|--|----|
| Figura 2. 1: Topología de una de sensores y actuadores | 9 |
| Figura 2. 2: Estructura de sensores | 12 |
| Figura 2. 3: Esquema de funcionamiento de sensores | 12 |
| Figura 2. 4: Factores que se pueden monitorear en el medio ambiente | 14 |
| Figura 2. 5: Sensores y dispositivos inalámbricos en el ámbito militar | 15 |
| Figura 2. 6: Aplicaciones médicas de sensores inalámbricos | 18 |
| Figura 2. 7: Dispositivos wereables | 20 |
| Figura 2. 8: Sensor Wereable | 24 |
| Figura 2. 9: Wireless Body sensor network..... | 25 |
| Figura 2. 10: Tecnologías Wireless..... | 29 |
| Figura 2. 11: Topología estrella | 30 |
| Figura 2. 12: Topología malla | 31 |
| Figura 2. 13: Topología árbol..... | 31 |
| Figura 2. 14: Mortalidad enfermedades cardiovasculares Sur América..... | 34 |
| Figura 2. 15: Figura 2. 15: Tasa mortalidad enfermedades cardiovasculares | 35 |

Índice de tablas.

Capítulo 3:

| | |
|--|----|
| Tabla 3. 1: Clasificación Bluetooth..... | 41 |
| Tabla 3. 2: Tecnologías WPAN..... | 43 |
| Tabla 3. 3: Comparación Bluetooth y Zigbee | 44 |
| Tabla 3. 4: Comparación de tecnologías aplicadas en las WBSN | 47 |

Resumen

Los desarrollos en el campo científico, tecnológico y de la medicina están fuertemente unidos, sus progresos se han caracterizado por los grandes saltos y los efectos radicales sobre la humanidad y demás. La llegada de las WBSN (Wireless Body Sensor Network) se vio como un gran salto en la rama de la medicina moderna, dejando atrás el concepto de intervenciones complejas que necesitan de diagnósticos complejos y luego un monitoreo intensivo, para luego ver algo de resultados. Esta tecnología de dispositivos wereables consiste en facilitar la vida a la personas, a que su salud este siempre monitoreada sin necesidad de ir al médico, sino desde la comodidad de su hogar sin interrumpir sus actividades diarias. Con el pasar del tiempo se ha buscado la manera de miniaturizar estos dispositivos con el fin que no sean molestos al momento de usarlos y poco invasivo, aplicando una tecnología nada nociva para la salud, donde también se aplican principios de seguridad para la transmisión de datos debido a la sensibilidad de la información de los pacientes. Es muy evidente la evolución de estos dispositivos llegando al punto que con un solo dispositivo muy pequeño se logre monitorear casi por completo la salud una persona.

Palabras claves:

DISPOSITIVO WEREABLES, WBSN (WIRELESS BODY SENSOR NETWORK), SEGURIDAD, PREVENCIÓN, SALUD.

Abstract.

Developments in the scientific, technological and medical fields are strongly linked; their progress has been characterized by great leaps and radical effects on humanity and others. The arrival of the WBSN (Wireless Body Sensor Network) was seen as a great leap in the branch of modern medicine, leaving behind the concept of complex interventions that need complex diagnoses and then intensive monitoring, to then see some results. This technology of wearable devices consists in making life easier for people, so that their health is always monitored without needing to go to the doctor, but from the comfort of their home without interrupting their daily activities. With the passage of time has sought ways to miniaturize these devices in order not to be annoying at the time of use and little invasive, applying a technology not harmful to health, where they also apply security principles for data transmission due to the sensitivity of patient information. It is very evident the evolution of these devices reaching the point that with a single very small device is achieved almost completely monitors the health of a person.

Keywords:

WEREABLES DEVICES, WBSN (WIRELESS BODY SENSOR NETWORK), SECURITY, PREVENTION, HEALTH.

Capítulo 1: Descripción General

1.1. Introducción.

Desde hace al menos veinte años a hoy, el mundo de las telecomunicaciones ha migrado en todos sus efectos hacia la tecnología digital. Gracias a la tecnología celular y en particular al standard GSM, los estudios sobre comunicaciones digitales a mediados del siglo pasado por parte de Claude Elwood Shannon y otros pioneros, han visto la primera grande aplicación de masa en el ámbito civil. La transmisión digital ya estaba sólidamente confirmada, solo con la llegada de los teléfonos móviles surgió el inmenso potencial de la transmisión inalámbrica. Actualmente, la "revolución digital" se dirige hacia el sector inalámbrico o Wireless.

Dentro de la gran familia de las comunicaciones Wireless se han desarrollado muchas ramificaciones diversas. Un ramo que resulta fundamental es aquel de las redes de sensores Wireless.

Una Wireless Sensor Network consiste en un gran número de nodos sensores que pueden aumentar sin problemas en las diferentes áreas de referencia. Una red de sensores es una infraestructura que incluye la medición, el procesamiento y la comunicación de valores de sensores que permiten al administrador de la red la capacidad de medir, observar y reaccionar ante ciertos eventos y fenómenos en un entorno específico.

En este trabajo el objetivo es brindar un panorama amplio y general de la evolución de las WBSN (Wireless Body Sensor Network), los protocolos y tecnologías que utiliza para su aporte a la salud preventiva en los seres humanos. La tecnología avanza a pasos gigantescos y en la electrónica de la salud se apunta a prevenir las enfermedades, al cuidado de la salud monitoreando diversas partes del cuerpo.

1.2. Antecedentes.

Las WSN (Wireless Sensor Network) es utilizada en varios campos como el militar, comercial, medicina, etc. Las WBAN (Wireless Body Area Network) son un nuevo sub campo que se utilizan para el monitoreo del cuerpo humano, uno de las obstrucciones significantes es que son energizados por baterías, para lo cual se hacen estudios de algoritmos que ayuden al ahorro energético y uno de ellos es que el nodo sensor este en stand by o en reposo mientras no detecte ningún evento.(National Instrument, 2013)

WBAN (Wireless Body Area Network) fueron desarrolladas para el monitoreo del cuerpo humano como un sistema de predicción, de diagnóstico y poder tratar posibles enfermedades antes que se vuelvan crónicas. De acuerdo con la World Health Organization (WHO), las estimaciones son que una de cada cinco personas jóvenes sufren de obesidad que a la larga se convierten en problemas cardiacos, lo cual es causado por la vida sedentaria que llevan muchas personas y por la mala alimentación y falta de control médico, es ahí donde los dispositivos wereables juegan un papel muy importante porque podría ayudar a prevenir futuras enfermedades y poder tener un buen control que ayude a llevar una vida más saludable. (Naseem, Ameen, & Esam, 2018)

La asistencia medica tiene la necesidad de incorporar en sus prácticas a la tecnología, debido al cambio demográfico, caracterizado por un envejecimiento global de la población mundial lo que trae consigo un fuerte problema en el sistema medico de cada país en el mundo volviéndose costos algo insostenibles. Se vive además un gran aumento de enfermedades crónicas que causan incrementos en la cantidad de personas que necesitan un control constante. Estas enfermedades son muy invasivas y sería muy importante lograr mejorar su estilo de vida de los enfermos crónicos. (Viloria Núñez, Cardona Peña, & Lozano Garzón, 2009)

1.3. Definición del Problema.

El principal problema en la actualidad es la falta de aplicación de la tecnología para beneficio de la salud de población, hoy en día hay muchas personas que por algún tipo de problema se les hace muy difícil acercarse a un hospital, o personas que tienen enfermedades graves y necesitan estar siempre monitoreados, con la WBSN (Wireless Body Sensor Network) estarían siempre controlados desde sus hogares, también cuando se habla de dispositivos wereables se habla del estudio de la tecnología de transmisión la cual se va a usar, pues aunque existen muchas tecnologías no todas son adecuadas para este tipo de sistemas ya que se intenta siempre realizar un sistema eficiente el cual consuma menos cantidad de energía y genere los datos de manera correcta con calidad de información (QoS), además de esto se debe tomar en consideración la permitividad humana, conductividad de la red humana y la velocidad con la que se puede transmitir la información.

1.4. Justificación.

A lo largo de los años las personas han sentido la necesidad de estar siempre informadas acerca de su estado de salud, con los dispositivos wereables (que se puede llevar puesto) esto se convirtió en algo rutinario pero en algunos casos un poco impreciso, en el momento de transmitir los datos en los sensores de área corporal se debe tomar en cuenta los factores del cuerpo que impiden esta transmisión y la tasa de envío de datos que se hace constantemente, es por eso que en el presente trabajo de titulación se analizarán estos parámetros para poder concluir cual es la tecnología más adecuada para la transmisión de datos en sensores de área corporal.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Analizar la evolución de las redes inalámbricas de sensores corporales en el campo de la electrónica médica preventiva.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Categorizar los tipos de redes inalámbricas que se puedan usar en sensores corporales.
- Identificar el tipo de red inalámbrica más adecuada a usarse en los sensores corporales.
- Mencionar la importancia que traería para la salud de las personas el constante monitoreo de los signos vitales.

1.6. Problemática.

Al pasar los años se el ser humano ha aumentado la necesidad de estar siempre informado acerca de su estado de salud, con la llegada de los dispositivos wearables esto aumento, pues hizo que cualquier persona que tuviera a la mano este tipo de dispositivos supiera acerca de sus parámetros médicos en todo momento pero esto no es útil si no cumple con el análisis de los especialistas es por esto que en la presente investigación se abordara del impacto que trae poseer estos dispositivos en todo momento y como las personas con fallas cardíacas en estado crítico pueden usarlo, además de esto se hará un análisis técnico de la forma de transmitir estos datos eficientemente con tecnologías modernas las cuales poseen una alta tasa de transmisión de información y una mejor cobertura.

1.7. Hipótesis.

Con el uso de la tecnología de las WBAN (Wireless Body Area Network) ayudaría a que las personas con dificultades para acercarse a los hospitales o a citas periódicas con su médico no tengan la necesidad de volver a hacerlo, aparte de los beneficios de tener bajo control a los pacientes en todo momento para tener a la mano el estado de salud de las personas y sugerir campos de estudios futuros y demostrar cual es la tecnología más adecuada para la transmisión de datos en sensores inalámbricos de área corporal y analizar el alcance que pueden tener los mismos con la llegada de tecnologías de alto desempeño.

1.8. Metodología de Investigación.

Se utilizará metodología descriptiva ya que en el marco teórico se analizarán las tecnologías de transmisión más adecuadas para la transmisión de datos, se tomará en cuenta información y bibliografía adecuada en la cual se detallen los avances en los últimos cinco años para tener un claro avance y uso de las tecnologías, además de esto se usará la metodología comparativa en la cual se hará en el capítulo tres un análisis profundo de varias tecnologías y la importancia del por qué debe aplicarse desde ya al beneficio de la población.

Capítulo 2: Fundamentación teórica.

En los últimos años la tecnología de redes Wireless han desempeñado un rol fundamental en el desarrollo de una gran gama de aplicaciones, teniendo la necesidad de volver más sencillo el poder compartir la información de un punto a otro.

De hecho, la tecnología por cable permite crear redes con topologías específicas y requieren de un gran trabajo para su instalación. Por otro lado, la tecnología Wireless permite crear redes AD HOC a bajo costo, también gracias al no tan complicado trabajo de instalación que requiere, garantizando una buena escalabilidad del sistema y una fácil reconfiguración.

Estas buenas y mejores características han facilitado el desarrollo de varias aplicaciones que gracias junto con dispositivos capaces de integrarse con el ambiente que los rodea, y poder ser controlables directamente de un usuario externo, pasan de la automatización de sistemas industriales y de sistemas de monitoreo domestico a sistemas de seguridad y de aplicaciones médicas.

2.1. Que es una red de sensores.

Una de red de sensores Wireless (Wireless Sensor Network) consiste en una red que está conformada por dispositivos con poca complejidad en cuanto instalación se refiere y de tamaños reducidos, llamados nodos sensores que tienen la capacidad de recopilar información del ambiente que los rodea y enviarlo a través de varios medios de comunicación hacia el nodo de cálculo localmente o en otros casos hacen uso de una puerta de enlace (Gateway) hacia otras redes, a través del internet. (National Instrument, 2013)

Los elementos de una WSN (Wireless Sensor Network), son los sensores, los nodos de cálculo de la información y la puerta de enlace (Gateway). Normalmente los nodos de cálculos y las puertas de enlace son dispositivos más complejos de los nodos sensores debido al elevado número de funcionalidades que deben proveer. El sensor es el dispositivo más simple o sencillo de la red de sensores, normalmente el número de los sensores es as grande con respecto a otros dispositivos restantes presentes en la red; es de vital importancia que se mantenga sus dimensiones y sobre todo el menor costo posible.

Un factor algo crítico para un sensor es el consumo de energía, dado que todo el tiempo son alimentados por baterías por la facilidad de la instalación que conlleva, y porque así podrían ser instalados en cualquier lugar. Para permitir que la red funcione por un tiempo bastante razonable, denominado network lifetime (tiempo de vida de la red), los nodos deben tener la capacidad de sacar provecho de una manera adecuada a la energía que reciben de las baterías por un periodo adecuado, que en muchas aplicaciones podría ser de años.

Tal cooperación dependerá de la densidad de los sensores y de los nodos de cálculo presentes en una determinada área que define la conectividad y el alcance entre nodos en la red, aparte la cobertura de monitoreo de un determinado espacio (siendo una probabilidad que un evento sea identificado por al menos un sensor presente en el área).

En la Ilustración 1 se representa un ejemplo de una WSN (Wireless Sensor Network), donde se puede observar las conexiones entre los varios nodos de la red y en particular entre sensores y actuadores y los nodos de cálculo (sink), que pueden ser conectados directamente (single hop) o distanciados por otros nodos quienes se encargan de recibir la información y retransmitir ese paquete hacia el próximo nodo de cálculo, dando así más de un salto (multi hop).

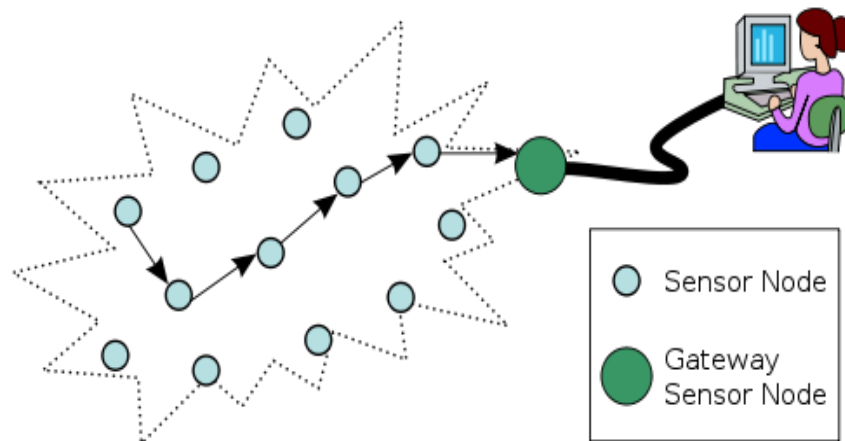


Figura 2. 1: Topología de una de sensores y actuadores

Fuente: (Martinez Moreira, 2017)

Se podría definir una WSN (Wireless Sensor Network) como una red de nodos de cooperan con el objetivo de monitorear de manera correcta una determinada área y tenerla bajo control alertando de cualquier posible evento, permitiendo una acción recíproca entre el usuario externo y el ambiente que los rodea.

2.1.1. Características principales de una WSN (Wireless Sensor Network).

Las redes de sensores se diferencian de otras topologías de redes por sus objetivos, requisitos y posibilidades de sus capacidades de alcance. De las consideraciones planteadas previamente se podría deducir cuales son las características más relevantes en una red de sensores:

- Escalabilidad con respecto al número de nodos de una red.
- Auto organización.
- Eficiencia energética.
- Reconfiguración automática.
- Mantenimientos reducidos en su tiempo de vida útil.
- Buena comunicación entre los nodos presentes en la red.
- Baja complejidad.

- Ideales para todo tipo de ambiente.
- Bajo costo.

Evidentemente resulta que estas características son más que necesarias para hacer de estas redes de fácil instalación y de fácil uso para el usuario final que en mucho de los casos es inexperto, requiriéndose así la menor cantidad de mantenimientos posibles.

De hecho en ambientes pequeños no se necesitan de tecnologías súper avanzadas, dado que se intenta utilizar sistemas simples para el usuario, pero que se vuelven complejos cuando el número de nodos crece considerablemente, que en muchas ocasiones podrían llegar a ser cientos, por tal motivo el principal obstáculo no es de orden tecnológico, sino más bien de efectividad, se vuelven poco prácticos para su uso sobre todo en ambientes difíciles u hostiles, lo que también implica un costo económico más elevado e instalaciones y mantenimientos más complicados.

2.2. Llegada de los transductores inteligentes.

Se ha podido individuar las características y ciertas limitaciones de los nodos sensores, y teniendo en consideración unas posibles elecciones técnicas que se podrían adoptar. Antes de hablar sobre los transductores inteligentes (Smart transducers), debemos iniciar hablando sobre los transductores clásicos, para poder así evidenciar la innovación que han aportado a un cambio en el desarrollo de las redes de sensores inalámbricos.

Un transductor se podría definir como un dispositivo capaz de convertir la energía de una forma a otra, dependiendo de la forma con la que inicia dicha energía y de aquella obtenida se podría detallar dos tipos de transductores:

- En caso que el transductor genere una señal eléctrica en respuesta a algún tipo de señal física, química o biológico, aquello es denominado sensor.
- Por otro lado, un actuador es definido como un dispositivo en grado de convertir una señal eléctrica en una señal física.

Un sensor tiene por lo tanto la tarea de medir algo grande como podría ser la temperatura, la presión o el peso, etc. Siendo capaz de generar un impulso eléctrico de voltaje o de corriente proporcional a las medidas generadas mientras un actuador cumple la tarea inversa, transformando una señal eléctrica que recibe como entrada y convirtiéndola en otra medida física que puede ser el flujo de un fluido o la velocidad de un motor. (Jayachitra, Gita, & Santhan, 2016)

Muchas veces, sin embargo, la señal generada necesita de varias operaciones acondicionamiento para poder adquirir un significado desde el punto de vista de la ingeniería. Finalmente, el aumento de la necesidad de flexibilidad que se ha solicitado a las redes de sensores, lo cual ha llevado a una comunicación sin hilo lo cual hace que sea necesario utilizar un módulo de comunicación que pueda su gestionada de manera simple y eficaz la comunicación entre el transductor y la unidad de cálculo.

Un Smart transducer (transductor inteligente) es por lo tanto el resultado de la combinación de un sensor o actuador con una unidad de elaboración, capaz de procesar la señal recibida, y una interfaz de comunicación, todo en un solo dispositivo.

La estructura de un Smart transducer (transductor inteligente) en la siguiente imagen se puede notar en varios bloques: un microprocesador que es quien se encarga de gestionar todas las tareas presentes, uno o más sensores que mantienen un conjunto de medidas del ambiente que los rodea; una memoria que viene integrada en el dispositivo con el objetivo de memorizar los datos relativos a sus especificaciones técnicas, los datos

receptados por el sensor o aquellos que necesita el microprocesador para poder gestionar las propias funciones de cálculo; un radio transmisor que se ocupa finalmente de gestionar la comunicación con el resto de la red. Siendo todos estos elementos alimentados por una batería.

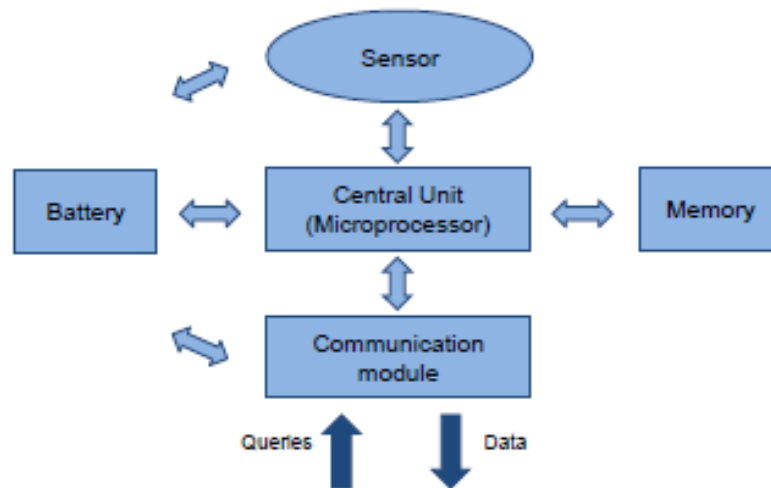


Figura 2. 2: Estructura de sensores

Fuente: («Sensores de bajo coste aplicados al control de los cultivos», s. f.)

La representación el sistema desde un punto de vista de su funcionamiento, se podría obtener el siguiente esquema:

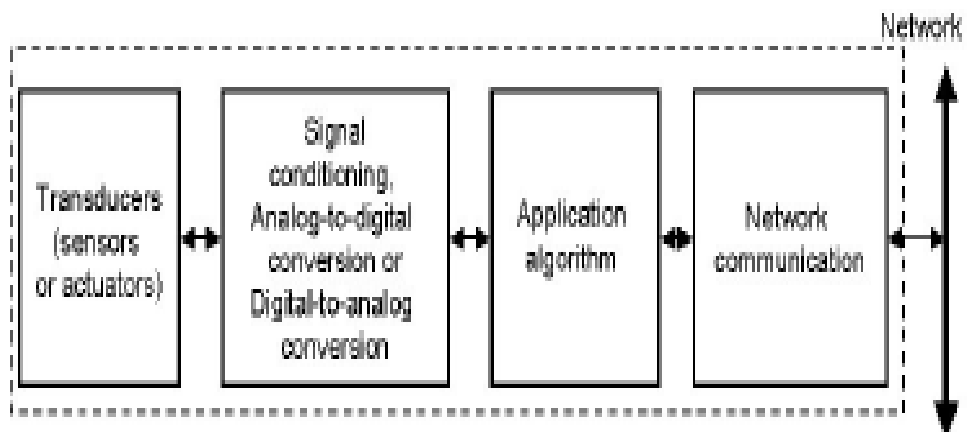


Figura 2. 3: Esquema de funcionamiento de sensores

Fuente: («Diagrama en bloques del sistema de control de nivel en molde. | Download Scientific Diagram», s. f.)

Inicialmente el sensor detecta el objetivo a observar y genera una señal de salida analógica que luego es manipulada y convertida en una señal digital. La señal numérica obtenida puede ser elaborada por otra unidad de cálculo presente en el microprocesador y luego es enviada a través de una interfaz de comunicación hacia un sistema remoto a través de alguna topología de red.

En el caso de un actuador es el proceso inverso: una unidad operativa remota transmite a través de la interfaz de comunicación los comandos hacia el actuador.

2.3. Escenarios de aplicación.

Las redes de sensores inalámbricos se están difundiendo en todo el mundo a una gran velocidad y se han vuelto un ámbito de estudio muy prometiente, por lo que existen varios campos donde se pueden aplicar estas redes de sensores inalámbricos. Existe un macro sector donde es posible introducir el mundo de las WSN (Wireless Sensor Network).

2.3.1. Monitoreo.

Este tipo de redes se utiliza para realizar trazas de manera consecutiva a un ambiente en específico. La fuente que realizara el monitoreo puede ser un simple sensor o una subred de donde provienen una cierta cantidad de datos. Las redes de este tipo necesitan un muestreo que normalmente es isócrono y fijo que requieren de una alimentación de energía considerable.

2.3.2. Reconocimiento de eventos.

El Event detection o la detección de eventos, este es otro escenario importante de aplicación, la red debe reaccionar en situaciones de alarma, es decir que cuando algún objetivo sale de los niveles establecidos dar un aviso de la alteración. Este monitoreo el consumo energético es bajo, dado que el nodo sensor entra en actividad solo en casos puntuales por lo que

permanece en descanso (stand by) evitando así consumo innecesario de energía.

2.3.3. Aplicaciones ambientales.



Figura 2. 4: Factores que se pueden monitorear en el medio ambiente

Fuente: («Sensores de bajo coste aplicados al control de los cultivos», s. f.)

Uno de los campos donde mayormente se utiliza las WSN (Wireless Sensor Network) es el monitoreo ambiental. Con el avance de la industria y de los agentes preocupantes se vuelve esencial controlar áreas geográficas bastante grandes, más que nada a los lugares que están cerca de lugares habitados, para poder validar el impacto ambiental debido al comportamiento humano.

Otro ámbito interesante de estudio son las zonas de riesgo y peligro, como son los volcanes que por años se intenta poder predecir algún tipo de erupción, zonas sísmicas que también ha sido y sigue siendo un gran reto para la tecnología, la importancia de tener siempre en constante monitoreo estas áreas que son un riesgo para el hombre.

Los estudios científicos sobre la flora y la fauna se pueden controlar con una red de monitoreo ambiental, lo cual va hacia la agricultura una gran revolución tecnológica, permitiendo controlar los sembríos y poder intervenir en tiempo real con algún tipo de tratamiento de ser el caso o de algún ajuste en la temperatura del ambiente.

2.3.4. Aplicaciones militares.

Directamente conectada a las aplicaciones médicas son las aplicaciones militares. El desarrollo de trajes especiales también en el ámbito de la astronáutica, los cuales integran sensores de presión y de temperatura para verificar el estado de salud de los militares en lugares hostiles o en misiones secretas. Existen nodos sensores especiales capaces de detectar ataques químicos o bacteriológicos y validar el estado de un área completa, evitando así de exponer vidas humanas y riesgos inútiles que conlleven a grandes pérdidas en el campo.



Figura 2. 5: Sensores y dispositivos inalámbricos en el ámbito militar

Fuente: («PDF-cuaderno-Nº-9.pdf», s. f.)

Cabe recalcar que la tecnología que hoy en día se utiliza, la transmisión de largo alcance, nació en ámbitos militares para garantizar la robustez ante las interferencias y una baja probabilidad de interceptación (bajos niveles de potencia y códigos que hacían de las señales indescifrables para quien no conocía los códigos).

Las redes Wireless, potencialmente expuestas a ataques, gracias a la redundancia de la comunicación y a la topología de malla garantiza igualmente el funcionamiento del sistema en caso que algún nodo sensor llegue a ser destruido.

2.3.5. Aplicaciones domésticas.

Todos los electrodomésticos más modernos poseen una electrónica en su operabilidad muy avanzada y el futuro será de la interacción entre los varios electrodomésticos en el hogar. La unidad de control de estos dispositivos permite funciones cada vez más y más avanzadas, dando vida a un escenario en el cual los varios electrodomésticos puedan colaborar de manera autónoma entre sí para poder gestionar de manera eficiente las tareas domésticas. (Zanella, Castellanni, & Vangelista, 2014)

La clave de todo esto es la posibilidad de comunicarse: seguramente para aquello la tecnología deberá ser tipo Wireless. Otras aplicaciones importantes son las gestiones de mantener un clima agradable en la casa, la ventilación y la iluminación. El uso de sensores Wireless reduce los costos excesivos de instalación y además a eso no se debe modificar de mayor manera los sistemas ya existentes, en el caso de las paredes con la tecnología Wireless ya no será necesario tener romperlas para instalar algún dispositivo.

2.3.6. Aplicaciones comerciales.

En esta categoría ingresan varios escenarios. Los más interesantes son: un entorno de automatización (el uso de las Wireless Sensor Network

en los automóviles), antirrobo inteligentes y muy versátiles, servicios en escuelas y museos (localización de personas y objetos dejados en algún sitio).

En el ámbito automotriz se podría hablar sobre el monitoreo del tráfico o de instrumentos de navegación autónomos, haciendo de estos dispositivos de alta necesidad y de confianza.

2.3.7. Aplicaciones industriales.

Un sector muy interesante para las WSN (Wireless Sensor Network), es la automatización industrial y el monitoreo en ambientes industriales. Las redes utilizadas en estos ambientes son estáticas y jerárquicas, pero tienen limitaciones de adaptabilidad que son más estrictas que en otros escenarios. (Núñez, 2016)

Los usos son múltiples, pero todos finalmente van focalizados al control de procesos productivos. Muchas veces se requiere realizar una subred de monitoreo inalámbrica interconectadas oportunamente por una puerta de enlace con bus de campo que se utiliza típicamente en los ambientes industriales, es decir, bus de tipo cableado.

2.3.8. Aplicaciones médicas.

Una de las aplicaciones más delicadas es seguramente el monitoreo biomédico. El uso de las WSN (Wireless Sensor Network) en los hospitales es seguramente un gran soporte y ayuda para poder seguir de cerca y constantemente algunos parámetros fisiológicos de los pacientes y así hacer de algunas máquinas más accesibles y portátiles. (Viloria Núñez et al., 2009)

Este escenario es solo el primer paso hacia una red de sensores muy pequeña y distribuida en el interior de los tejidos para poder medir la temperatura, la presión sanguínea y muchos otros parámetros que puedan ayudar de manera más rápida al diagnóstico de un paciente.

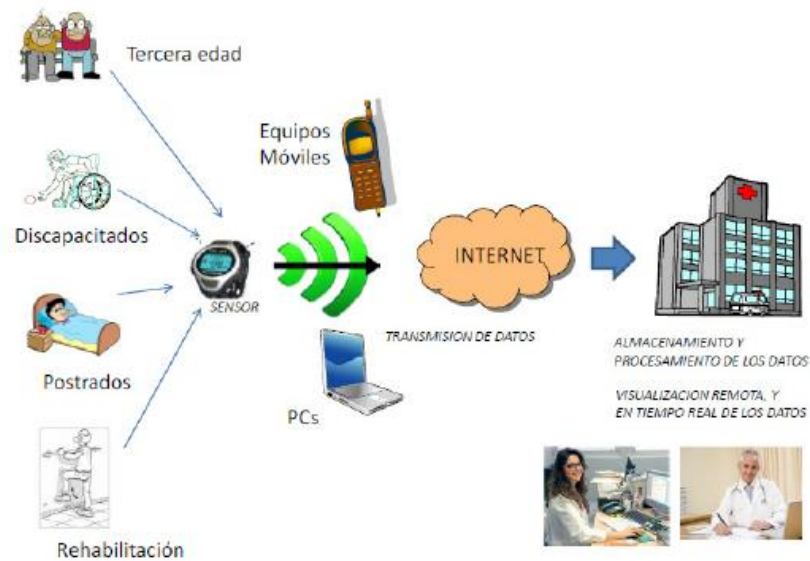


Figura 2. 6: Aplicaciones médicas de sensores inalámbricos

Fuente: (Rienzo, 2014)

Las primeras aplicaciones en este sentido se encuentran en dispositivos de control personal (Healthcare), sobre todo para cuando se realiza actividades físicas, son integradas en relojes de mano o brazaletes que relevan los latidos cardiacos o las calorías quemadas durante las actividades físicas.

2.4. Sensores wereables.

El termino sensor portátil, o más bien sistema de elaboración portátil (dispositivo wereables) indica un dispositivo electrónico situado en el cuerpo de una persona y capaz de adquirir datos, elaborarlos y de entregar información importante acerca de diferentes parámetros sobre en relación con el estado del usuario.

El termino wereables significa que se lo puede llevar puesto, este término ya era usado en el año 1996 por la agencia militar estadounidense, pero anteriormente ya se habían utilizado estos tipos de dispositivos, en 1907 los alemanes utilizaban estos dispositivos en palomas las cuales llevaban cámaras con temporizadores que tomaban fotos a tropas enemigas.

En la última década los dispositivos wearables se han convertido parte cotidiana de las personas los cuales normalmente nos permiten medir los pulsos cardiacos, cantidad de pasos dados, calorías quemadas entre otros dependiendo del dispositivo, todo esto con la finalidad de facilitar al usuario final la información de su estado de salud pero estos dispositivos aun no miden parámetros para la detección de las enfermedades más recurrentes en las personas como lo son la diabetes, obesidad, cáncer, entre otros.

A medida que la tecnología avanza los sensores son cada vez más pequeños y con la capacidad de medir varios parámetros a la vez tal es el caso de neural dust un implante que se puede colocar en la piel en la segunda capa (dermis) pero los cuales no pueden ser implantados por cualquier persona pues es necesario revisión y control de un especialista en el área médica para su implante pues son equipos externos del cuerpo humano y se debe tener un control de como el cuerpo reaccionara ante este agente externo.

La característica fundamental de estos dispositivos es que son creados para ser integrados en la vestimenta o en el mismo cuerpo a través de objetos de uso cotidiano algunos con un broche para tenerlo siempre al alcance, un par de gafas o se pueden ubicar en el cinturón. El objetivo de estos sistemas portátiles es aquel de sacar el mayor provecho a su potencia tecnológica para ayudar en las acciones cotidianas de las personas, actuando como si fuera un sexto sentido, por este motivo vienen muchas veces indicados como si fueran una extensión del cuerpo o de la mente de quien los utiliza.

Las aplicaciones en las cuales siempre encuentran su espacio, son múltiples: desde ejercicios físicos, a la creación y análisis de modelos de comportamiento, a la asistencia médica en varios sentidos. Este último siendo muy importante y su principal objetivo es validar el estado de salud de una persona y de ayudarla a mantener su independencia hasta en

momentos en lo que resulta muy difícil causados por ciertas situaciones desfavorables.

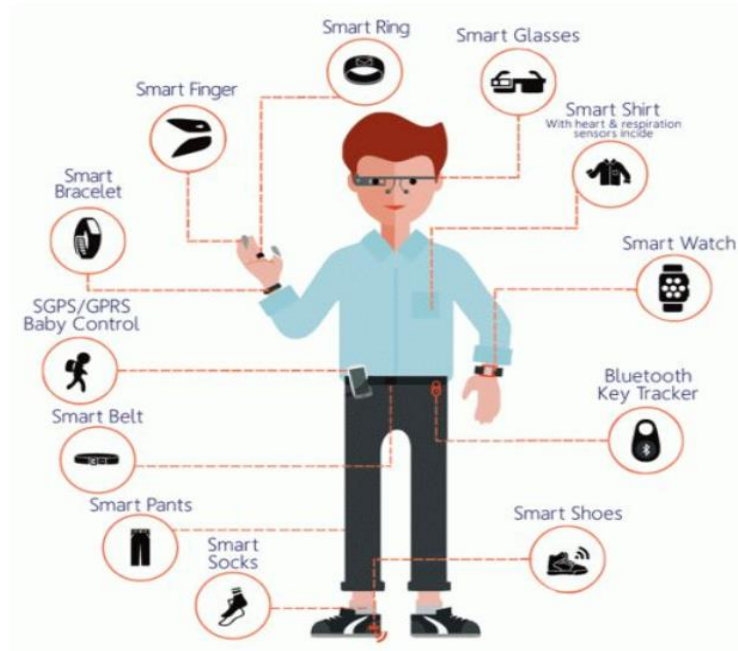


Figura 2. 7: Dispositivos wereables

Fuente: (Mishra, 2018)

2.4.1. Características y requisitos.

Se ha ya mencionado que la característica más importante de los sistemas wereables es aquella de poder ser utilizados todo el día: por ese motivo en el desarrollo de un sistema de este tipo es necesario tener muy en cuenta el confort de los usuarios. El sistema wereables no debe ser un sistema invasivo, no debe provocar algún tipo de molestia en el usuario que lo lleva consigo y por lo tanto tampoco debe inferir en el cambio de sus actividades cotidianas.

Por lo que para poder llegar a que el usuario se sienta bien con estos dispositivos no deben ser grandes, más bien deben ser pequeños y ligeros y naturalmente se debe tener muy en cuenta el posicionamiento de los dispositivos en el cuerpo. También, los dispositivos wereables deben mantener una comunicación Wireless para el intercambio de información

con los sistemas externos, dado que la presencia de cables puede limitar las actividades de los usuarios, ni disminuir el nivel de confort e influenciar negativamente en el resultado de su elaboración.

Dado que son dispositivos autónomos y móviles, deberán ser alimentados por baterías, entonces es necesario tener muy en cuenta los consumos de potencia. Es oportuno tomar en cuenta como las características de los sistemas wereables utilizados para la asistencia sanitaria del usuario sean particularmente diferentes de aquella de los sistemas wereables genéricos.

En primer lugar, la interacción entre el sistema y el usuario tiende a ser algo limitada, sobre todo porque a las personas a quienes son orientados estos sistemas no tienen necesariamente conocimiento técnico: la simplicidad de uso es una cómoda interfaz para el usuario es algo fundamental, los sistemas wereables tienen características extremadamente más estrictas en el caso de confiabilidad, de privacidad y aspectos legales legados al tratamiento de los datos personales. En este ámbito se vuelve de vital importancia el poder reconfigurar los dispositivos para permitir poder utilizarlos en condiciones diferentes, siguiendo así de cerca las necesidades de los usuarios y también sus diferentes patologías en modo personalizado.

2.4.2. Historia.

El objetivo de los sistemas wereables, como se ha mencionado es aquel de aumentar los sentidos del cuerpo humano y entonces actuar ante sus limitaciones. Se podría mencionar inventos como las gafas o el reloj de pulso como primeros ejemplos de sistemas wereables, en este caso no se trata de tecnología de la información, pero en todo caso es una tecnología de otro tipo aplicada directamente al cuerpo humano.

En cuanto a más específico a la tecnología de la información, podría ser, la primera computadora portátil y wereables de la historia moderna en el año 1966, se trataba de un sistema analógico el cual tenía como objetivo era

predecir el resultado en el juego de la ruleta. El dispositivo fue diseñado para ser escondido en los zapatos y estaba formado por cuatro micro pulsantes con los cuales se indicaba la velocidad de la ruleta, realizando esto el sistema enviaba vía radio a un auricular puesto en una persona una señal musical que indicaba sobre que numero debía apostar. Las dimensiones del sistema eran casi iguales a una cajetilla de cigarrillos.

Un sistema similar basado en tecnología digital fue sucesivamente desarrollado en 1978 por Eudaemonic Enterprises. En el ámbito que más interesa, aquel que pertenece a la tecnología de asistencia, el primer sistema wearable dirigido a personas con dificultad para escuchar. El objetivo era de brindar una ayuda para la lectura de los labios: el dispositivo era un sistema de elaboración analógico, formado por una serie de filtros pasa alto y pasa bajos, que lograba determinar qué tipo de sonido era pronunciado cierto sonido. Se trataba de un dispositivo LED diseñado para ser usado en las gafas normales que se iluminaba de acuerdo al sonido que se pronunciaba.

En el año 1990, se desarrolló un sistema para localizar personas al interior de un edificio, utilizando una insignia individual, que transmitía un identificativo único y sin error a través de rayos infrarrojos posicionados en ciertos lugares del edificio. Esto permitía seguir la posición de la persona que lleva la insignia, y de registrar su posición en el tiempo en una base de datos central.

Cada uno de los sistemas mencionados, fueron probados con buenos resultados. Pero a pesar de los resultados positivos estos dispositivos no eran muy utilizados a causa de las dimensiones algo invasivas y necesitaban de conexiones cableadas, debido a que las comunicaciones Wireless no habían alcanzado aún un grado necesario de confiabilidad y de estabilidad. Cada uno de los dispositivos estaba formados por un solo sensor o sistema de elaboración que respondía a resolver un problema en específico.

Con el avanzar de la tecnología los sistemas wereables evolucionaron buscando integrar diferentes funcionalidades en un solo sistema, volviéndose con el tiempo más realistas y efectivamente wereable, respondiendo de manera efectiva a todos los requisitos que se solicitan a los dispositivos de este tipo.

2.4.3. Modernos sistema wereables.

El reciente avance en la tecnología de la información en general y en la microelectrónica en particular, han permitido crear dispositivos siempre más pequeños y las comunicaciones más confiables y avanzadas: los sistemas modernos wereables buscan responder a la necesidad con dispositivos siempre más pequeños y de bajo consumo que se comuniquen entre ellos de forma confiable.

Se busca crear sistemas constituidos de más sensores heterogéneos para realizar funciones avanzadas diferentes entre ellas. Estos sensores son caracterizados por una elevada interoperabilidad por poder ser fácilmente integrados en un solo sistema.

El escenario más común se volvió aquel de una red de dispositivos wereables, que contribuyen a crear un sistema común multifunción, para lo cual se pone a disposición de los usuarios una interfaz simple y utilizable por todas las personas.

Por lo que se refiere la miniaturización de los dispositivos de los que se compone el sistema wereable, en los últimos años se ha mostrado un gran interés por parte de ellos científicos en la tecnología MEMS (Micro Electro Mecánica System). Los dispositivos MEMS son micro dispositivos que mezclan componentes mecánicos, eléctricos, ópticos que son fabricados con tecnología microelectrónica. Típicamente estos dispositivos tienen dimensiones en milímetros hasta de micrómetro, entonces se podría hablar de dispositivos realmente no invasivos.

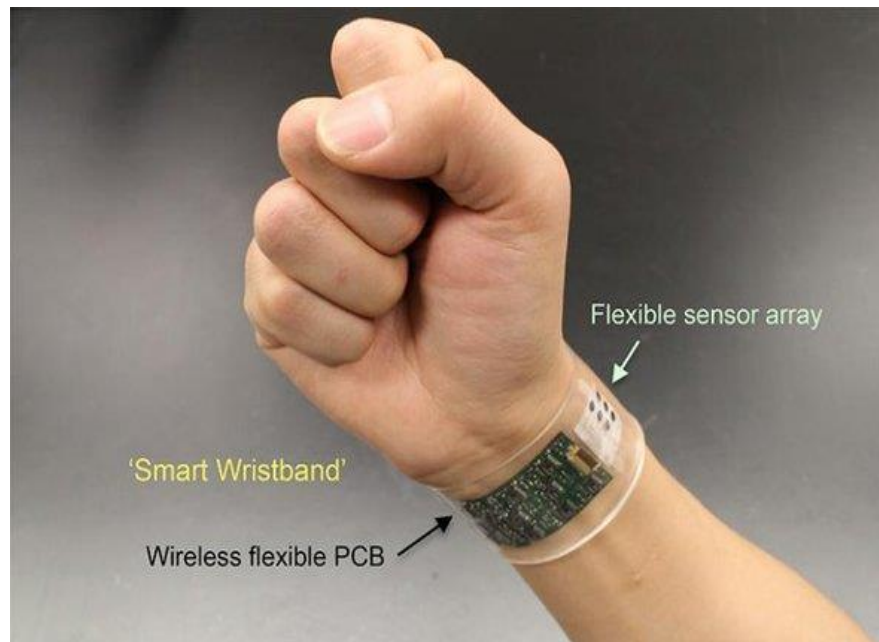


Figura 2. 8: Sensor Wereable

Fuente: (magazine, s. f.)

2.5. Red de sensores wereables.

En los últimos años se difunde y siempre con mayor frecuencia el tema de la red de sensores Wireless (Wireless Sensor Network). Estas están constituidas por un conjunto de sensores autónomos distribuidos en un espacio y como ya se mencionó nació en el ámbito militar para funciones de vigilancia, pero se hacen más comunes en el campo de monitoreo industrial, ambientales, automatización, domésticos hasta llegar al monitoreo personal.

En este contexto, cuando se ponen en comunicación uno o más de los sensores o sistemas wereables apenas descritos, se habla más específico de una red de sensores wereables o más comúnmente de una WBAN (Wireless Body Area Network). Existen diversos tipos de WBAN, a veces los nodos forman parte de la red siendo solo receptores, a veces solo transmiten, a veces realizan ambas operaciones y se los denomina (transceivers). El intercambio de información puede venir en diferentes niveles: entre el individuo y el ambiente que los rodea, entre más individuos o entre diversos sensores que componen la red en un único cuerpo humano.

Esta particular topología de red se ha difundido muchísimo en los últimos años sobre todo en el campo militar, para el monitoreo de espacios enemigos, aeroespacial, identificación digital, de entretenimiento personal, sobre todo para el desarrollo de nuevos y más interactivos videojuegos. En el ámbito donde se apunta más su uso y de mayor interés es el de monitoreo personal constante con fines médicos y deportivos.

Una red de sensores wereables esta generalmente conformada por un nodo, el cual está conformado por uno o más sensores, que se comunican entre ellos o con una o más unidades de recepción de datos. Este último puede ser un dispositivo fijo, por ejemplo, ubicado en un punto específico de un edificio, podría ser un dispositivo móvil. Esta unidad de recepción de datos se puede comunicar con un sistema de elaboración de los datos, por ejemplo, una computadora personal, el cual puede fácilmente transmitir los datos recibidos y ya elaborados a través de internet. En la siguiente ilustración se muestra un ejemplo de red de sensores wereables para la asistencia médica sanitaria.

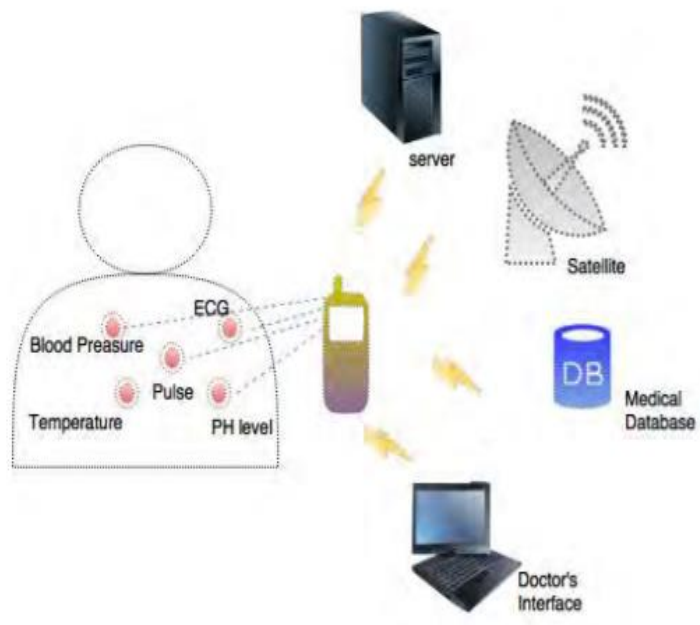


Figura 2. 9: Wireless Body sensor network

Fuente: (Priyanka & Manik Moni, 2016)

En este caso el usuario lleva los sensores wereables puede encontrarse en cualquier lado, mientras que la de recepción de los datos móviles, podría estar con el personal de asistencia quienes podrían estar constantemente actualizados con respecto al estado de salud del usuario monitoreado. Adicionalmente los datos del paciente pueden ser enviados por internet hacia el hospital o personal médico, que podría controlar eventuales patologías sin necesidad que el paciente deba acercarse al hospital.

Obviamente debido a sensibilidad de la situación, los datos deben estar puestos en particulares expediente para asegurar la seguridad de la comunicación.

2.5.1. Funcionalidad y sensores más utilizados.

Una de las funcionalidades que más se solicita a las redes de sensores wereables es aquella del reconocimiento de actividad en un sentido amplio, no solo saber qué hace determinada persona, sino también saber si está en movimiento o está quieto.

Esta función se la encuentra en casi todos los sistemas wereables muy aparte de las aplicaciones a las cuales son dirigidos. Por ejemplo, el reconocimiento de actividad podría ser útil para decidir cuál sería la mejor manera de notificar la información al paciente, si una persona está practicando yoga, el audio es probablemente la mejor manera, mientras que una persona está sentada los datos podrían ser comunicados con un mensaje de texto acompañado de una señal sonora que de bajo nivel podría ser suficiente.

En el ámbito de monitoreo personal, ingresan en este campo el reconocimiento de la postura, el reconocimiento de la calidad y de la cantidad de la caminada, el reconocimiento de eventos particulares que podrían ser peligrosos, como por ejemplo una caída. El análisis de la calidad de la caminada y el descubrir la caída serán tratadas inmediatamente. Los

sensores más utilizados en este ámbito pueden ser acelerómetros y giroscopios, casi siempre realizados con tecnología MEMS, capaces de medir los movimientos del cuerpo en términos de aceleración y ángulos.

Otra funcionalidad muy solicitada es la aplicación que trata de la localización de las personas, en el campo médico es de mucho interés, por ejemplo, si se piensa en una persona que sufre de Alzheimer: normalmente estas personas tienden a perder la orientación y no recordar más donde se encuentran ni a donde se estaban dirigiendo. Un sistema de localización podría permitir encontrar estas personas muy rápido. En todo caso si los sistemas o dispositivos wearables tienen como objetivo advertir sobre cualquier tipo de peligro, saber la ubicación constante de las personas que sufren de Alzheimer ayudaría mucho a que sean rescatados rápidamente.

Si se centra especialmente en el monitoreo personal, el análisis de los parámetros fisiológicos recibe una gran importancia. En este contexto se utilizan numerosos sistemas de sensores. Particularmente importante es la medición de la temperatura corporal: la dificultad siempre fue en el desarrollar un dispositivo poco invasivo para este caso, también portátil durante todo el tiempo y que sea bastante preciso. Se analiza también muy frecuentemente al electrocardiograma (ECG): para limitar las molestias se vienen usando sistemas simples, dos electrodos.

Otra información importante es aquella de la presión sanguínea: a veces esta viene obtenida por el ECG con oportunos algoritmos, en otros casos viene posicionado un sensor ad-hoc. La decisión depende mucho de la precisión con la que se necesita obtener las medidas. En otros casos se utilizan también sistemas para poder detectar la actividad cerebral (EEG electroencefalograma) y sistemas para la detección de la actividad muscular (EMG electromiograma): estos últimos se desempeñan para medidas menores, también para el reconocimiento de actividad física, también se hace uso de varios sistemas para el análisis de la respiración.

A los sistemas wearables en muchas ocasiones se agregan sensores que permitan al usuario o paciente de comunicarse con el sistema central. Es el caso de los micrófonos, que vienen agregados con el objetivo de poder agregar un canal de comunicación vocal para poder comunicarse con la unidad de control para poder notificar particular información o algún aviso. (Guillermo, Guillermo, & Sergio, 2016)

Para alcanzar nuevas y más funciones, se pueden unir entre ellos los datos provenientes de los diferentes tipos de sensores, este procedimiento permite en tal caso de alcanzar un gran nivel de confiabilidad que difícilmente podría ser alcanzado por estos sensores si utilizados solos. Por ejemplo, en muchas ocasiones se hace la combinación entre ellos los datos provenientes de los ECG (electrocardiograma) y de los EMG (electromiograma). Utilizando los datos del EMG (electromiograma) se podría obtener electrocardiogramas de alta definición utilizando filtros para eliminar el ruido causado por el micro movimiento de los músculos.

2.6. Tecnologías Wireless para la realización de las WBAN (Wireless Sensor Area Network).

En comparación a las tecnologías existentes, las BSN (Body Sensor Network) introducen comunicaciones Wireless al interior y en el entorno del cuerpo humano. En la siguiente figura una WBAN (Wireless Body Area Network) se compara con otro tipo de redes Wireless, como lo son redes personales WPAN (Wireless Personal Area Network), redes locales WLAN (Wireless Local Area Network), redes metropolitanas WMAN (Wireless Metropolitan Area Network), y redes geográficas WAN (Wireless Area Network). Una WBAN se desenvuelve cerca al cuerpo humano y su área de comunicación se extiende entre uno y dos metros.

Mientras la WBAN se dedica a la interconexión de los nodos sensores implantados o adheridos a la persona, una WPAN es una red que está en el ambiente que rodea a la persona. Su rango puede alcanzar alrededor de los 10 metros para aplicaciones low-rate (baja tasa). Una WLAN, se extiende a

distancias superior a los cien metros. Cada tipo de red Wireless tiene su tecnología que la hace posible, definida por la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Una WPAN utiliza el estándar IEEE 802.15.1 (Bluetooth) o IEEE 802.15.4 (Zigbee), una WLAN utiliza el estándar IEEE 802.11 (Wifi) y una WMAN IEEE 802.16 (Wimax). La comunicación en una WAN puede establecerse vía satélite.

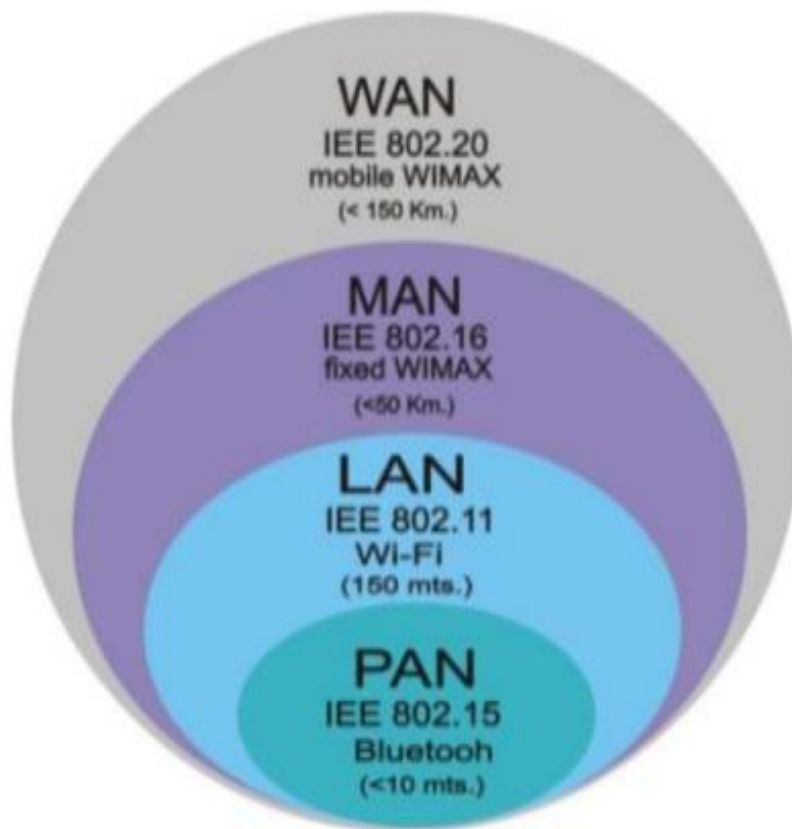


Figura 2. 10: Tecnologías Wireless

Fuente: («Tipos de redes - Mi blog personal 2016», s. f.)

2.7. Topologías de red.

Las topologías de red es la forma física en que los nodos están ubicados en la red, Zigbee soporta redes con topología estrella, árbol y la de malla, a continuación, se muestran los esquemas de las topologías de red.

2.7.1. Topología estrella.



Figura 2. 11: Topología estrella

Fuente: («Topología de Estrella», 2014)

En una topología de estrella la red está controlada por un único dispositivo, el coordinador, que viene siendo el responsable de la creación y del mantenimiento de la red. Todos los otros dispositivos de la red son RFD (Reduced Function Devices), y se comunican directamente con el coordinador.

2.7.2. Topología malla y topología árbol

En las redes de malla y árbol, se utilizan también nodos de ruteo. En las de árbol, se utiliza una estrategia de ruteo jerárquica utilizando una comunicación beacon-oriented (dispositivos que envían una señal identificándose), mientras que en la de malla se utiliza una comunicación peer to peer (de igual a igual). Cuando se unen más redes se pueden individuar redes también más complejas denominadas clúster.

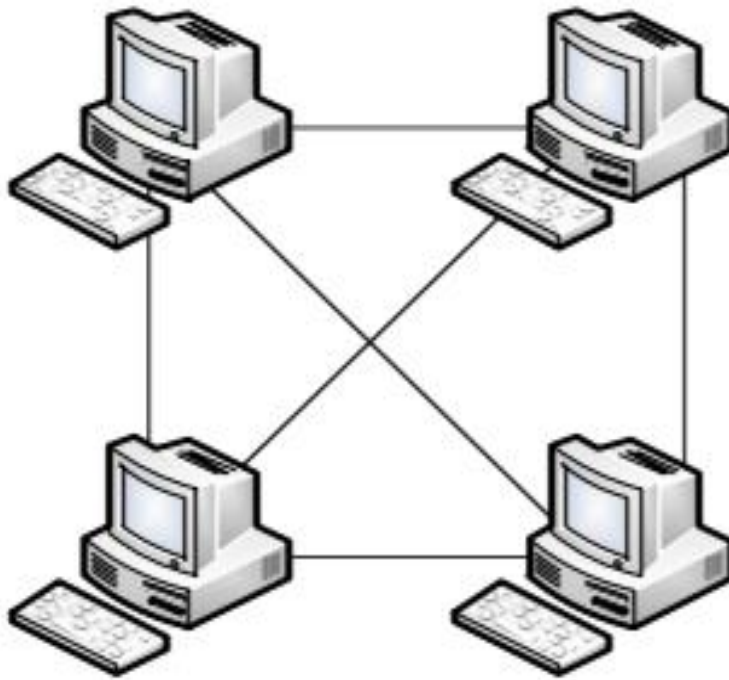


Figura 2. 12: Topología malla

Fuente: (aguasaco munevar, solano Saavedra, & mejía Alarcón, 2014)

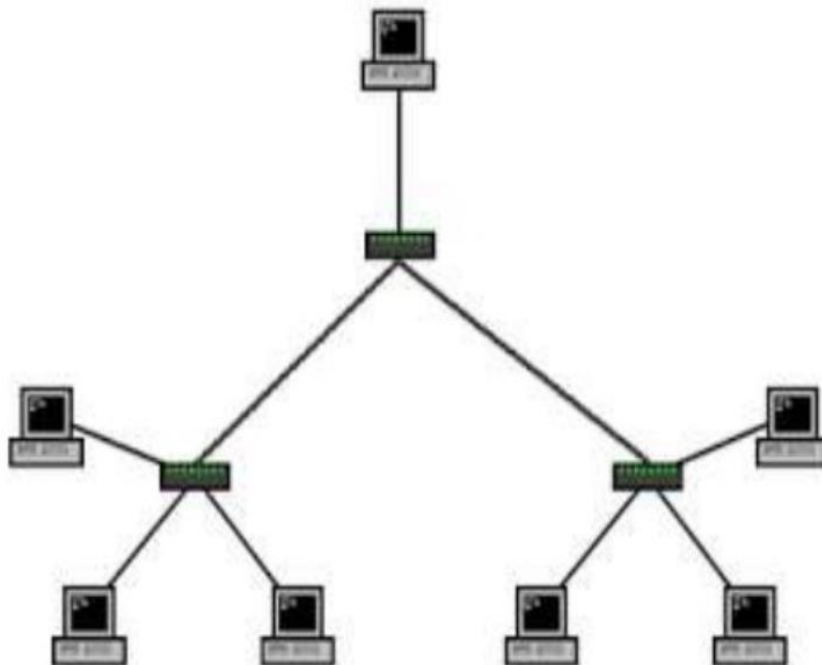


Figura 2. 13: Topología árbol

Fuente: (Juanalejandroloaiza, 11:56:53 UTC)

2.8. Enfermedades cardiovasculares.

El corazón conjunto con el cerebro son los órganos más importantes del cuerpo humano pues estos se encargan de las funciones principales. El corazón es el órgano encargado de bombear sangre a todo el cuerpo esto impide que impide que los órganos se mueran por falta de oxígeno en los mismos.

Las enfermedades que se presentan en este órgano son varias y cada una posee diferentes tratamientos y causas. El ritmo cardíaco es la frecuencia de las pulsaciones por minuto que se producen en el corazón, identificar cual es el ritmo cardíaco de una persona es de suma importancia, pero este varía según la edad en que una persona se encuentre, de acuerdo con el National Institute of Health el ritmo cardíaco es mayor en los niños y adolescentes, aunque también el ritmo depende del género pues en mujeres este ritmo es mayor que en los varones.

A continuación, se describirá un poco de enfermedades que pueden ser detectadas de acuerdo al ritmo cardíaco que presenta una persona, se debe tomar en consideración que el ritmo cardíaco promedio en varones de 20 años en adelante es de 62-74 (PPM) y en mujeres mayores a 20 años es de 72-82 (PPM) en personas en estado de reposo.

El ritmo cardíaco puede variar según la actividad que estemos realizando pues si realizamos ejercicio este ritmo aumenta en comparación de estado de reposo, a continuación, se detallaran algunas enfermedades que se pueden detectar de acuerdo al ritmo cardíaco.

2.8.1. Taquicardia supra ventricular.

Esta enfermedad se produce por la contracción demasiado rápida de los ventrículos lo que ocasiona una frecuencia cardíaca mayor a la normal, es decir la frecuencia es por encima de 100 PPM en estado de reposo, esto inicia por las dos cavidades inferiores del corazón.

2.8.2. Taquicardia sinusal.

Es el aumento del ritmo cardiaco por encima de 100 este se produce por un aumento de exigen en el cuerpo se puede producir por excesivo desgaste físico o mental además de esto también se puede producir por embolias pulmonares, hipertiroidismo, fiebre, etc.

2.8.3. Aleteo auricular.

Se produce en las cavidades superiores del corazón y se extiende hasta las inferiores, esto se produce por el ritmo cardiaco acelerado, las articulas laten más rápido, es producido por problemas eléctricos del corazón

2.8.4. Fibrilaciones.

Las fibrilaciones son producidas cuando las cavidades superiores del corazón no laten coordinadamente con las inferiores ocasionando palpitaciones aceleradas.

2.8.5. Aneurisma.

Un aneurisma ocurre cuando una parte de las paredes de las arterias del corazón se debilitan ocasionando ensanchamientos anormales.

2.8.6. Síndrome del seno enfermo.

Se produce cuando el nodo sinusal no dispara correctamente sus señales eléctricas estos ritmos van de demasiado lento a demasiado rápidos

2.8.7. Bradicardia.

La bradicardia es un ritmo cardiaco lento lo cual es menor a 60 PPM y se produce con mayor frecuencia en personas mayores

2.8.8. Trastornos de la conducción.

El corazón humano posee ramificaciones derechas e izquierdas por las cuales la sangre viaja a los ventrículos a la misma velocidad, pero cuando una de estas ramificaciones está bloqueada la sangre viaja por otro camino ocasionando que un ventrículo del corazón se contraiga una fracción de segundo más lento que el resto produciendo arritmia.

A pesar que estas enfermedades producen la misma sintomatología se requiere exámenes de laboratorio como electrocardiograma, TAC cardiaca, imagen de percusión miocárdica, entre otros para detectar cuál de ellas es la que produce las palpitaciones anormales en el individuo, a pesar no poseer un diagnostico medico al instante saber que se presenta un ritmo cardiaco anormal en el individuo puede ser de suma importancia para la detección de enfermedades y prevención de muertes.

2.9. Índices de mortalidad.



Figura 2. 14: Mortalidad enfermedades cardiovasculares Sur América

Fuente: («Prevención y control de las enfermedades no transmisibles», s. f.)

Según la Organización Mundial de la Salud y Organización Panamericana de la Salud, el índice de mortalidad en el Ecuador por enfermedades cardíacas en personas mayores de 30 años es de 1,8%.

Desde el año 2014 las enfermedades cardiovasculares en el Ecuador se han posicionado en el primer lugar de causas de muerte seguidas de diabetes mellitus y enfermedades cerebro vasculares, en el 2014 se produjeron 4429 siendo el 8.6% mientras que en el año 2017 este índice aumentó a 7404 muertes por causas cardíacas.

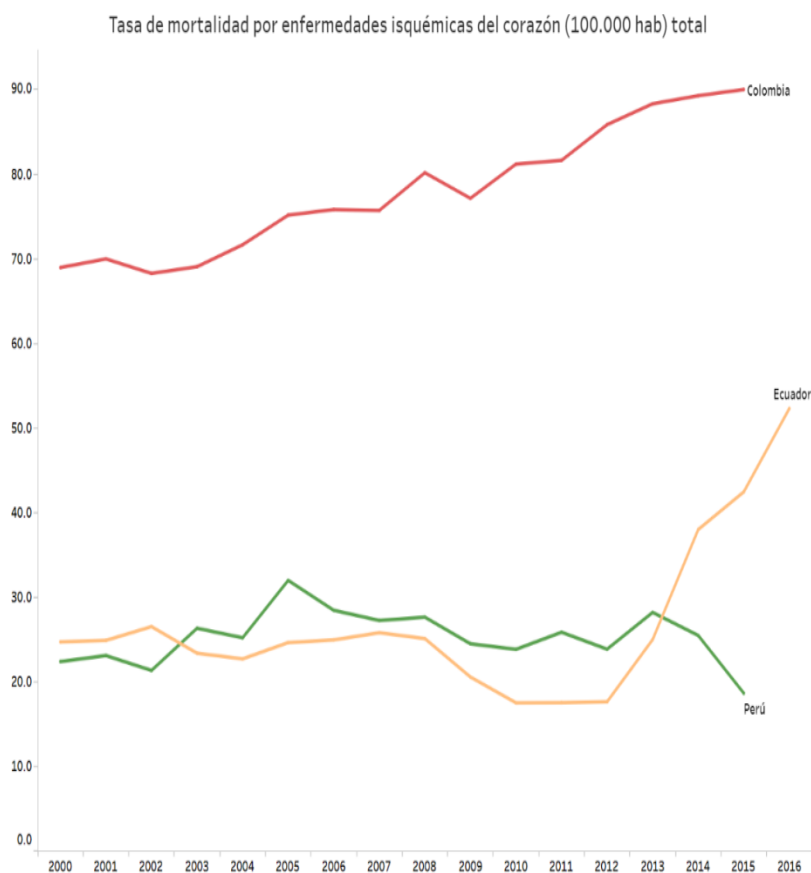


Figura 2. 15: Tasa mortalidad enfermedades cardiovasculares

Fuente: («Prevención y control de las enfermedades no transmisibles», s. f.)

En el grafico ubicado en la parte superior se realizó una comparación del índice de mortalidad del Ecuador con sus países vecinos Perú y Colombia notando que en los últimos 5 años el índice de mortalidad en enfermedades cardiovasculares aumento en Ecuador mientras en Perú

disminuyo y en Colombia se mantuvo, conviene subrayar que es de suma importancia que el ministerio de salud actúe ante estos índices.

Capítulo 3: Aportaciones de las WBAN (Wireless Body Area Network).

A lo largo de los años la medicina y las telecomunicaciones se han juntado para hacer la vida del hombre cada vez más cómoda. Desde el siglo XIX en donde enterraban a las personas vivas por malos diagnósticos médicos hasta la actualidad en donde se puede tener a una persona viviendo artificialmente en estado vegetal. La medicina ha avanzado en las últimas décadas y es gracias a estos avances los que nos permiten detectar enfermedades a temprana edad las cuales se puede evitar que avancen y se conviertan en mortales.

Los sensores de área corporal se han convertido en parte indispensable para el diagnóstico médico que realizan los doctores en el momento de detección de enfermedades, pues muchas de las enfermedades pueden presentar sintomatología parecida pero el tratamiento es muy diferente, pero aun es necesario ir al doctor y realizar diferentes exámenes de laboratorio para detectar alguna enfermedad, esto no será más necesario con la tecnología WBSN pues con esta podemos tener el doctor a la palma de la mano.

3.1. Consideraciones energéticas de las WSN (Wireless Sensor Network).

El factor fundamental para hacer que rindan de manera correcta las aplicaciones que utilizan una WSN (Wireless Sensor Network) hacerlas fácilmente manejables y permitir su desarrollo es la eficiencia energética, unida a la necesidad de alargar el network lifetime (tiempo de vida de la red) el mayor tiempo posible.

¿Teniendo en consideración un sensor, cual es la actividad responsable mayormente el consumo de energía?

Como se indicó anteriormente, un nodo sensor esta principalmente conformado por una batería, un microprocesador, un transductor y un transceptor. El equilibrio energético del sistema es posible que se descuide

el aporte del sensor refiriéndose al consumo de transceptor y del módulo de microprocesador, para lo que se necesita una buena planificación para un correcto funcionamiento y consumo de energía.

Teniendo en cuenta la actividad que realiza el microprocesador, el progreso del algoritmo de la elaboración de datos podría alivianar notablemente la cantidad de datos a transmitir, eliminando datos innecesarios, con una consecuente disminución de transmisiones a realizar. Por otra parte, algunas operaciones podrían ser inusualmente largas o se dificulta si practica debido a las restricciones puestas por el mismo procesador o de la memoria a disposición. Es importante determinar con cuidado la distribución de las operaciones de cálculo de la información entre el sensor y el nodo de cálculo.

En cuanto a la actividad de comunicación del sensor, se podría pensar que realmente la actividad que mayormente consume energía es la fase de transmisión antes que la de recepción.

Una buena solución en la fase de transmisión podría ser aquella de utilizar un algoritmo de routing multi-hop (múltiples saltos), es decir entregar a otros nodos sensores el paquete de datos de información a transmitir, dejando a ellos la tarea de hacerlo llegar al nodo de cálculo o de entregarlo a otro nodo sensor de la red. De hecho, una reducción de la distancia reduce el consumo de energía considerablemente. El paquete entonces es enrutado a través de la red con una serie de pequeñas transmisiones con un bajo costo energético.

Se necesita tener en cuenta en cada caso que el periodo de transmisión es necesario solo en el momento en la que se presente una determinada cantidad de paquetes de datos a transmitir, menor es la cantidad de datos a transmitir y menor será la duración de la transmisión, lo que conllevaría a un aumento en el tiempo de vida del sensor. Lo que se sugiere es evitar utilizar protocolos de comunicación que agreguen o

incluyan notables redundancias en la información antes de su respectiva transmisión.

3.2. Redes de área corporal.

3.2.1. Tecnologías de área corporal.

En el área de las telecomunicaciones también las tecnologías para la transmisión de datos que produzcan un menor consumo energético y que la latencia sea menor han sido un gran campo de estudio y desarrollo en el área pues tecnologías como Wi-Fi, Zigbee y bluetooth han avanzado a pasos agigantados teniendo en cuenta estos parámetros para la transmisión de paquetes y el confort del ser humano. Siendo la tecnología Zigbee la más utilizada para este tipo de transmisión pues es la que se identifica mejor con los parámetros necesarios para transmisión de corta distancia y bajo consumo energético.

Zigbee a pesar de ser la tecnología con una tasa de transmisión de datos de 250kbps siendo esta inferior que la tecnología bluetooth y Wi-Fi con una tasa de 3Mbps y 300Mbps respectivamente se considera la más idónea para la transmisión en las redes de sensores inalámbricas pues es idónea para la mayoría de las topologías en comparación con la tecnología bluetooth la cual solo se puede trabajar bajo la topología estrella y produce menor consumo energético que la tecnología Wifi durando un promedio de baterías de 90 días.

El principal problema del tráfico de datos en sensores es que al tener una red más amplia la cantidad de paquetes que se envían al nodo principal va en aumento, lo que puede accionar en múltiples ocasiones que el sistema este copado y los paquetes no llegan a su destino final por ningún canal, esto ocurrirá cada vez que el sistema crezca por lo cual se debe considerar esto en el momento que la red se amplíe.

El problema de capacidad en redes de malla inalámbricas se puede aliviar equipando los enrutadores de malla con múltiples radios sintonizado a canales no superpuestos. Sin embargo, la asignación de canales presenta un reto porque las redes inalámbricas ubicadas es probable que estén sintonizados a los mismos canales. El aumento resultante en la interferencia puede afectar negativamente el rendimiento. La solución propuesta inteligentemente. asigna canales a las radios para minimizar la interferencia dentro de la red de malla y entre la red de malla y co-ubicado conexiones inalámbricas. Utiliza una novedosa estimación de interferencias, técnica implementada en cada enrutador de malla.

3.2.2. Infrarrojo.

Una posibilidad en su momento para las redes BAN (Body Area Network) es aquella de utilizar comunicaciones ópticas, y en particular el infrarrojo. Las especificaciones de este tipo de comunicación son recogidas en el estándar IrDA (Infrared Data Association). Las capas que componen el protocolo son diversas. Particularmente interesante es la capa física IrPHY (Infrared Physical Layer Specification), que forma parte del nivel más bajo de la comunicación IrDA.

La característica principal es que dos dispositivos de este tipo para poder funcionar correctamente deben de encontrarse en condiciones de visibilidad recíproca, en si a una distancia máxima de un metro, que realmente es disminuida a 0,2 metros para garantizar bajos consumos energéticos. La velocidad de transmisión de datos generalmente es de 4 Mbit/s, pero en algunos casos puede llegar hasta los 16 Mbit/s. por lo que se distinguen cuatro tipos de modalidades de transmisión:

- SIR (Serial Infrared), con velocidad equivalente a la puerta serial.
- MIR (Medium Infrared).
- FIR (Fast Infrared).
- VFIR (Very Fast Infrared).

Una última fase de definición es la UFIR (Ultra Fast Infrared) por la velocidad que alcanza hasta los 100 Mbit/s.

Este estándar fue por mucho tiempo difuso, era muy simple pocos años atrás encontrar comunicaciones de este tipo en los celulares de nueva generación. Pero en muchos dispositivos fue siendo suplantado por las comunicaciones a radio frecuencia. Esto se debe a que si bien la solución óptica presentaba diferentes ventajas con respecto a las comunicaciones RF (Radio Frecuencia), sobre todo en cuanto a consumos de energía, eran fuertemente limitadas debido a los pocos dispositivos que pueden trabajar recíprocamente, y el límite principal fue la visibilidad entre el transmisor y el receptor que debían estar muy cerca para llevar a cabo la comunicación.

3.2.3. Bluetooth.

Bluetooth para redes personales inalámbricas fue desarrollada por Ericsson y enseguida formalizada por Bluetooth Special Interest Group (SIG). Lo que proporciona un método standard, económico y muy seguro para intercambiar información entre los dispositivos a través de una determinada frecuencia de radio de corto alcance, de uno a cien metros. El estándar debía permitir la conexión entre periféricos como impresoras, teléfonos, micrófonos, teclados, etc. Actualmente millones de dispositivos tienen una interfaz bluetooth.

Tabla 3. 1: Clasificación Bluetooth

| Clase | Potencia (mW) | Potencia (dBm) | Cobertura (m) |
|---------|---------------|----------------|---------------|
| Clase 1 | 100 | 20 | 100 |
| Clase 2 | 2,5 | 4 | 10 |
| Clase 3 | 1 | 0 | 1 |

Fuente: (330ohms, 2017)

Los dispositivos dotados de bluetooth se dividen en tres clases. En la tabla anterior se muestran las características de cada clase, específicamente la potencia mínima permitida y la cobertura máxima alcanzada. (Ramachandran & Almeroth, 2015).

El protocolo Bluetooth trabaja en la banda ISM (Industrial Scientific and Medical) de frecuencia libre de 2,4 GHz.

El bluetooth es un protocolo packet-based (basado en paquetes) con una estructura master-slave (maestro- esclavo). Cada dispositivo tiene la capacidad de gestionar simultáneamente la comunicación con otros siete dispositivos teniendo una comunicación de tipo master-Slave, solo un dispositivo a la vez se puede comunicar con el servidor. Esta red es denominada piconet. Bluetooth posee tres tipos de topologías:

- Punto- punto.
- Punto- multipunto.
- Scatternet.

Es posible de comunicar dos o más piconet de tal manera de expandir la red, tal red se denomina Scatternet, lo particular es que un dispositivo podría ser el master en una piconet y en la otra podría ser el esclavo. La tecnología bluetooth planea sincronizar la mayor parte de las operaciones con un reloj en tiempo real. Esto sirve, por ejemplo, para tener sincronizado los intercambios de datos entre los dispositivos, poder distinguir entre paquetes retransmitidos o perdidos, generar una secuencia aleatoria predecible y reproducible.

Los dispositivos en la bluetooth pueden ser estar entre los tres estados siguientes:

- Activo, los esclavos participan activamente en la red sea en recepción como en transmisión, y se sincronizan con el master. Pueden ser máximo siete dispositivos.
- Standby, el esclavo no está conectado entonces no interviene en la actividad de la red. Se encuentra en modalidad de ahorro de energía, y pueden ser de número indefinido.
- Parked, el esclavo no está activo o no está comunicando. Esta dormido
- consumiendo poco, pero se encuentra siempre sincronizado en la red.

La versión 1.1 y 1.2 de bluetooth gestiona velocidades de transferencia hasta 723,1 kb/s. la versión 2,0 con la introducción de Exchange Data Rate (EDR) gestiona una modalidad de alta velocidad de transmisión que permite hasta los 3 Mb/s (en la práctica se alcanzan velocidades de 2,1 Mb/s). la versión 3.0 con la introducción de High Speed (HS) permite alcanzar velocidades de hasta 24 Mb/s utilizando un link 802.11 para transferencias de datos a altas velocidades. (Ávila & Reyes, 2012)

Tabla 3. 2: Tecnologías WPAN

| Tecnología | Data Rate | Corriente inactiva | Tiempo de startup |
|-------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|
| 802.15.4 | 250 Kbps | 7mA | Bajo |
| Bluetooth | 3 Mbps | 22 mA | Medio |
| 802.11 | 11 Mbps | 160 mA | Alto |
| UWB | >100 Mbps | 2 mA | Bajo |

Fuente: (Becerra, Mejía, Álvarez, & Murillo, 2014)

Desde el punto de vista de las BSN (Body Sensor Network), el bluetooth muestra algunas limitaciones. La formación automática de redes no las soporta y cuando el master cae en la red, toda la red cae tras él, lo que crea un cierto conflicto en cuanto a la movilidad requerida por las BSN, en otro caso el tiempo de inicio (startup) de la conexión es algo lento, hasta cinco segundos. Finalmente, el consumo energético con respecto a otras tecnologías Wireless es algo más elevado.

3.2.4. IEEE 802.15.4 e ZigBee.

En los últimos años se ha registrado un notable interés en desarrollar un nuevo estándar de comunicación con prestaciones aún más elevadas en términos de consumo de energía y a bajos costos. El estándar fue denominado Zigbee y es basado en el estándar IEEE 802.15.4. (Naseem et al., 2018)

La organización que se encarga de la definición es la Zigbee Alliance, la cual nace en el 2002 como consorcio de algunas importantes industrias electrónicas como Honeywell, Invensys, Mitsubishi, Motorola, Samsung y Philips, con el sucesivo ingreso de Ember, Freescale; Analog Devices, Atmel; Texas Instruments-Chipcon, Microchip, varias casas de software y usuarios finales, hasta superar los cien participantes. Zigbee puede operar en la frecuencia de radios asignados para propósitos industriales, científicos y médicos (ISM), 868 MHz en Europa, 915 MHz en Estados Unidos y en Australia i los 2,4 GHz que virtualmente se puede utilizar en todo el mundo.

Tabla 3. 3: Comparación Bluetooth y Zigbee

| Características | Bluetooth | Zigbee |
|--------------------------|------------------|---------------|
| Rango | 10m | 100m |
| Data Rate | 1 Mbps | 250 kbps |
| Perfil de batería | Días | Meses |

Fuente: (Becerra et al., 2014)

Como se puede notar, una drástica reducción en el data Rate, Zigbee a pesar de eso presenta una duración de la batería superior a los dispositivos que utilizan bluetooth. Las aplicaciones de las redes de sensores wereables para el monitoreo personal, no necesitan de una elevada tasa de velocidad de transmisión de datos. Lo que más ha sido un trabajo para muchos investigadores es el tema del consumo energético, y de costos bajos.

Los nodos que forman parte de una red Zigbee vienen generalmente clasificados en dos grandes categorías:

- Full Function Devices (FFD).
- Reduced Function Devices (RFD).

En la primera categoría recaen todos los dispositivos que tienen todas las funcionalidades permitidas en la red, incluida la de ruteo. En esta categoría se pueden distinguir los nodos coordinadores y los nodos de ruteo. El primero, es único por toda la red y se ocupa de la creación y de la gestión de la red. Los segundos tienen la principal función de expandir la red y enviar paquetes en la red.

Los RFD o End Devices (dispositivos finales), son en vez nodos menos complejos, no poseen capacidad de ruteo, y no pueden reenviar los paquetes recibidos, tienen solamente funciones de recepción y transmisión de mensajes a nodos conocidos.

3.2.4.1. Tecnología NFC (Near Field Communication).

Es una tecnología para distancias de comunicaciones inalámbricas muy cortas. Está basada en estándares que permite interacciones bidireccionales simples y seguras entre dispositivos electrónicos. La tecnología NFC permite a los consumidores/usuarios realizar transacciones electrónicas sin contacto, acceder a contenido digital y conectar dispositivos

con la simplicidad de un solo toque. Las aplicaciones WPAN y Body WPAN se están volviendo muy importantes.

En las aplicaciones de monitoreo del estado vital, los pacientes portan sensores que supervisan sus parámetros vitales para identificar situaciones de emergencia y permitir que los cuidadores respondan de manera efectiva. Las aplicaciones incluyen monitoreo de signos vitales en los hospitales, detección repentina de ataques de epilepsia, etc. Además, en la vigilancia médica remota, esto se refiere a los servicios de atención que no son vitales y para los cuales no es necesaria la presencia constante de un profesional de la salud.

3.2.4.2. Tecnología UWB (Ultra Wide Band).

La ultra banda ancha permite la transmisión de datos de alta velocidad (hasta 400 o 500 Mbps) y baja potencia en alcances de unos pocos metros (10 metros aprox.). La tecnología UWB puede utilizarse para transmitir voz, vídeo u otro tipo de datos digitales. Sus altas velocidades de datos y bajo consumo de energía lo hacen ideal para reemplazar conexiones cableadas cortas. El mercado UWB todavía no está maduro, es decir no está desarrollada como otras tecnologías similares (Wifi, Zigbee, Bluetooth) pero si se están utilizando en ciertas aplicaciones WPAN

Además de esto es importante considerar si los nodos poseen línea de vista o no, pues si no poseen línea de vista interactúa la permeabilidad de la piel humana para poder transmitir estas señales la cual es de 38 (poner signo permitividad relativa), además también es importante considerar la permitividad del musculo siendo de 52,7 (poner signo). Es de suma importancia considerar la posición en el que el sujeto este, además de sus movimientos y la ubicación del nodo central.

3.3. Comparación entre tecnologías aplicadas en las WBSN.

Tabla 3. 4: Comparación de tecnologías aplicadas en las WBSN

| características | Bluetooth | Zigbee | Wi-Fi |
|--|---------------|------------------------|------------------------|
| Estándar | IEEE 802.15.1 | IEEE 802.15.4 | IEEE 802.11 |
| Tasa de datos | 3 Mbps | 250kbps | 300Mbps |
| Tiempo de transición de dormido a activo | 3 segundos | 15 mili-segundos | - |
| Topología | Estrella | Malla, estrella, árbol | Malla, estrella, árbol |
| Rango | 10m | 100m | 150m |
| Potencia | Baja | Muy baja | alta |
| Banda de frecuencia | 2,4 GHz | 2,4 GHz | 2,4GHz y 5 GHz |
| Tiempo de unión a la red | 1s | 10s | 3s |
| Duración promedio de baterías | 1 semana | 90 días | 12- 48 horas |
| Potencia de transmisión | 1-100mW | 1-10mW | 250-1000mW |

Fuente: Elaborado por el autor

3.4. Importancia de dispositivos corporales.

Los sensores corporales pueden ayudar a la detección de enfermedades para su tratamiento antes que sea demasiado tarde pues en el Ecuador la medicina es ejecutiva y no preventiva como resultado de esto

cuando los ecuatorianos acuden al doctor se encuentra en la mayoría de los casos que la enfermedad ya está muy avanzada y no existe forma de disminuir su daño, las personas no acuden al doctor para revisiones periódicas sino únicamente cuando existe una dolencia.

Cuando existen dispositivos de monitoreo en la salud de las personas estas se sienten más confiadas de su estado de salud y saben cómo prevenir enfermedades y reducir ciertos parámetros que en su cuerpo están anormales como lo son el PH, el azúcar, los triglicéridos etc. Muchas personas no acuden al doctor porque no existe ninguna dolencia, pero muchas enfermedades no presentan dolencia sino cuando ya es irreversible, este es el caso del glaucoma o la aneurisma las cuales pueden detectarse haciéndose chequeos de rutina.

El glaucoma y la aneurisma son enfermedades cardiovasculares que no presentan sintomatología pero que se pueden detectar si las personas están en constante control sobre la salud, la población ecuatoriana no acude al doctor para controles muchas veces por factores de tiempo o económicos, es por esto que los dispositivos wereables se incorporan en la vida de las personas sin la necesidad de acudir a centros de salud pues estos dispositivos dan un constante reporte del estado de salud de la persona los cuales pueden ser analizados y enviados a personal médico para su análisis.

Pues lo que parece ahora tecnología muy futurista puede estar más cerca del uso cotidiano de lo que pensamos este es el caso de los chips inteligentes los cuales pueden monitorear todos nuestros parámetros de salud detectando así la evolución temprana de enfermedades silenciosas y en muchos casos pudiendo eliminar químicos los cuales controlen nuestra salud como es el caso de la inyección de insulina en el caso de las personas que poseen diabetes mellitus.

Es probable que con la llegada de este tipo de dispositivos lleguen también muchos debates del usarlos o no, pues a pesar que tienen un

promedio de vida bastante altos algunos hasta de 50 años esto también tiene consigo otras contraindicaciones como lo son la inserción al cuerpo humano de dispositivos externos al mismo, además del posible hackeo a estos dispositivos y el pensar que las grandes compañías sepan todo acerca de las personas que poseen los dispositivos, su información personal, estado de salud y ubicación dejando un gran debate acerca de la invasión a la privacidad y que tan profundos y ligados a las personas deben estar estos tipos de dispositivos.

Aunque no existen estadísticas acerca del aumento o disminución de enfermedades utilizando estos tipos de dispositivos, la historia ha demostrado que la llegada de la tecnología a la vida de las personas y a la medicina ha hecho que se pueda realizar diferentes procedimientos médicos mejores y más exactos para que una persona continúe con vida.

Capítulo 4

4.1. Conclusiones.

La introducción de las nuevas tecnologías de redes de sensores inalámbricos o dispositivos wereables en la vida cotidiana de las personas es de suma importancia y beneficio, pues ayudaría a la salud de las personas y la detección temprana de enfermedades lo cual finalmente reducirá el índice de mortalidad en las personas con enfermedades que pueden ser tratadas y eliminadas cuando se detectan a temprana edad.

La reducción del consumo energético es un factor muy importante para la durabilidad de la red, lo que hace de la tecnología Zigbee ideal para aplicar en las WBAN (Wireless Body Area Network) a pesar de tener una tasa de transmisión más baja.

El fin de la ciencia y de los avances tecnológicos, es hacer de las intervenciones médicas menos invasivas con dispositivos que se podría utilizar todo el tiempo para tener un monitoreo constante sin que interrumpa las actividades diarias de las personas, y en caso de personas con dificultades de movilidad no tengan la necesidad de acudir a un centro médico para controles, al final de cuentas la tecnología hace de la vida humana un poco más sencilla y cómoda.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda en una población con un aumento considerable de personas ancianas y personas con enfermedades crónicas, la necesidad de poder brindarles asistencia médica personalizada y menos complicada es de suma prioridad en el desarrollo de las WBAN (Wireless Body Sensor Network). Claro está que estos desarrollos tecnológicos en los dispositivos para sensor y monitorear no solo cambiaran el control de enfermedades crónicas desde el hogar en el ambiente cotidiano sino que darán un cambio considerable en las técnicas tradicionales de la medicina, el concepto de las WBSN (Wireless Body Sensor Network) es un ingrediente importante para poder garantizar asistencia medica generalizada. Por lo que la seguridad también juega un papel muy importante al momento de la transmisión de los datos del paciente.

La tecnología avanza a pasos agigantados, solo resta darle un buen uso a esos avances y realmente que sean utilizados para el bienestar de las personas, poder detectar una enfermedad crónica a tiempo, poder salvar la mayor cantidad de vidas posibles.

Bibliografía.

- 330ohms. (2017, febrero 3). Bluetooth, clases y versiones desde v1.0 hasta v5.0. Recuperado 24 de febrero de 2019, de <https://blog.330ohms.com/2017/02/02/bluetooth-clases-y-versiones-desde-v1-0-hasta-v5-0/>
- aguasaco munevar, diana paola, solano saavedra, carmen liliana, & mejia alarcon. (2014). *rediseño y simulacion con riverbed modeller, de la red de datos de la sede principal de la superintendencia de sociedades a nivel lan*. universidad Santo Tomas, Bogota.
- Avila, & Reyes. (2012). Revision estado del arte de la tecnologia Bluetooth, 3. Recuperado de <http://publicaciones.unisimonbolivar.edu.co/rdigital/ojs/index.php/identific/article/view/1509>
- Aviles, J. M., Co-autores, P. D., Rosado, F. H., & Castro, S. V. (s. f.). Estudio sobre TIC y salud pública en América Latina: la perspectiva de e-salud y m-salud, 122.
- Becerra, M., Mejia, O., Alvarez, S., & Murillo, D. (2014). Analisis comparativo de tecnologias de transmision inalambrica, 7, 17-22.
- Diagrama en bloques del sistema de control de nivel en molde. | Download Scientific Diagram. (s. f.). Recuperado 8 de febrero de 2019, de https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Diagrama-en-bloques-del-sistema-de-control-de-nivel-en-molde_fig2_260012900
- Guillermo, F., Guillermo, R., & Sergio, P. (2016, enero). evaluacion de parametros adecuados para una red inalambrica de sensores, 2(1), 15-24.

- Jayachitra, V., Gita, G., & Santhan, V. (2016). Energy-Delay Efficient Unified Routing Protocol for Wireless Sensor Networks, *volumen 7(6)*, 995-1006.
- juanalejandrolaiza. (11:56:53 UTC). *Mapa conceptual de topologías de red*. Education. Recuperado de <https://www.slideshare.net/juanalejandrolaiza/mapa-conceptual-de-topologias>
- magazine, L. G., Nature. (s. f.). Wearable Sweat Sensor Paves the Way for Real-Time Analysis of Body Chemistry. Recuperado 24 de febrero de 2019, de <https://www.scientificamerican.com/article/wearable-sweat-sensor-paves-the-way-for-real-time-analysis-of-body-chemistry/>
- Martinez Moreira, D. (2017). Topologías. Recuperado de <https://losterricolas-inc.weebly.com/topologia-anillo.html>
- Mishra, M. (2018, agosto 22). Rise of Wearables and future of Wearable technology. Recuperado 8 de febrero de 2019, de <https://medium.com/@manasim.letsnurture/rise-of-wearables-and-future-of-wearable-technology-1a4e38a2fbb6>
- Naseem, K., Ameen, M., & Esam, A. (2018). A Study of Delay and Data Traffic of IEEE 802.15.4 ZigBee-Based WSN in a Smart Home, 8, 956-962.
- National Instrument. (2013, abril 22). ¿Qué es una Red de Sensores Inalámbricos? Recuperado de <http://www.ni.com/white-paper/7142/es/>

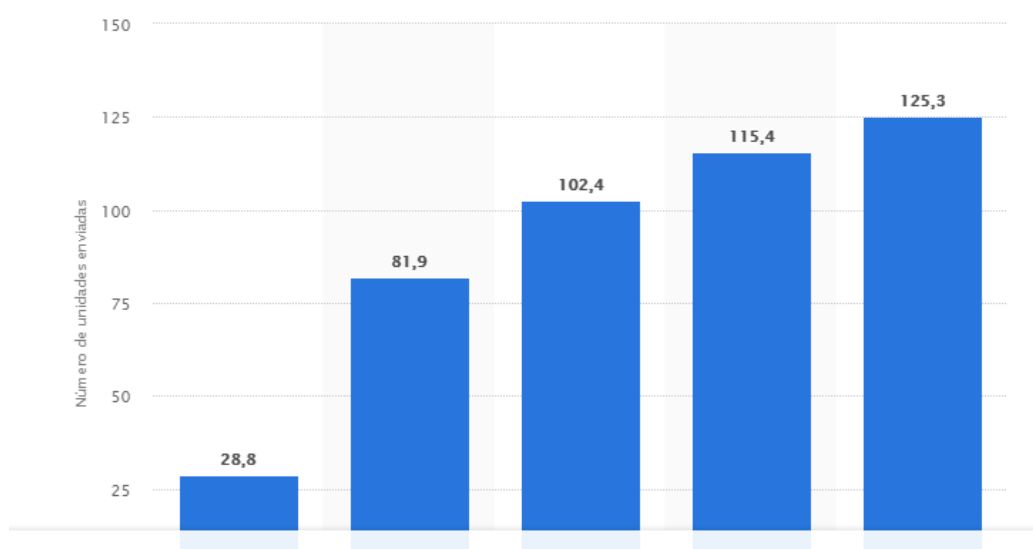
- Nuñez, G. (2016, febrero). Redes Inalámbricas en la Industria: Comparación WirelessHART y ZigBee. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46363320/Redes_Inalambricas_en_la_Industria_Comparacion_WirelessHART_y_ZigBee.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1544934068&Signature=kft%2FucG97C%2Bn5Eqwz3lrGBPOv5M%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DRedes_Inalambricas_en_la_Industria_Compa.pdf
- PDF-cuaderno-Nº-9.pdf. (s. f.). Recuperado de <http://catedraisdefe.etsit.upm.es/wp-content/uploads/2011/11/PDF-cuaderno-N%C2%BA-9.pdf>
- Prevención y control de las enfermedades no transmisibles. (s. f.). Recuperado 24 de febrero de 2019, de https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/?post_t_es=prevencion-y-control-de-las-enfermedades-no-transmisibles&lang=es
- Priyanka, S., & Manik Moni, B. (2016). *Quality of Service Aware MAC Protocol for Cognitive Radio Based Wireless Body Area Network*. BRAC University. Recuperado de http://dspace.bracu.ac.bd:8080/xmlui/bitstream/handle/10361/6412/1201117,%2013301093%20&%2011101068_CSE.pdf?sequence=1
- Ramachandran, K., & Almeroth, Kevin. (2015). Interference-Aware Channel Assignment in Multi-Radio Wireless Mesh Networks, 123-135.
- Rienzo, A. (2014). Estudio y Diseño de un Dispositivo Médico basado en Control Inalámbrico, para el Cuidado de Pacientes en el Hogar, 6.

- Sensores de bajo coste aplicados al control de los cultivos. (s. f.). Recuperado 23 de febrero de 2019, de <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/208300-Sensores-de-bajo-coste-aplicados-al-control-de-los-cultivos.html>
- Tipos de redes - Mi blog personal 2016. (s. f.). Recuperado 8 de febrero de 2019, de <https://sites.google.com/site/miblogpersonal2016/tipos-de-redes>
- Topología de Estrella. (2014, octubre 22). Recuperado 8 de febrero de 2019, de <https://redesinalambricasycableadas.wordpress.com/redes-cableadas/diferentes-topologias-de-red/topologia-de-estrella/>
- Viloria Núñez, C., Cardona Peña, J., & Lozano Garzón, C. (2009). Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina. *Ingeniería y Desarrollo*, (25). Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=85212371012>
- Volumen del mercado de mHealth 2012-2020 | Estadística. (s. f.). Recuperado 22 de marzo de 2019, de <https://es.statista.com/estadisticas/601029/volumen-global-de-mercado-de-mhealth--2020/>
- Zanella, A., Castellanni, A., & Vangelista, L. (2014). internet of things for smart cities, *1*(1), 23-33.

Anexos

Evolución de los envíos de dispositivos wearables a nivel mundial de 2014 a 2018 (en millones de unidades).

El aumento del uso de los dispositivos wereables ha tenido un incremento considerable hasta la actualidad, abriendo nuevas fronteras entre las personas y la confiabilidad con los dispositivos electrónicos para el cuidado de la salud según Statista portal español de estudio y estadísticas. («Volumen del mercado de mHealth 2012-2020 | Estadística», s. f.)



Ventajas de la atención medica virtual y presencial.

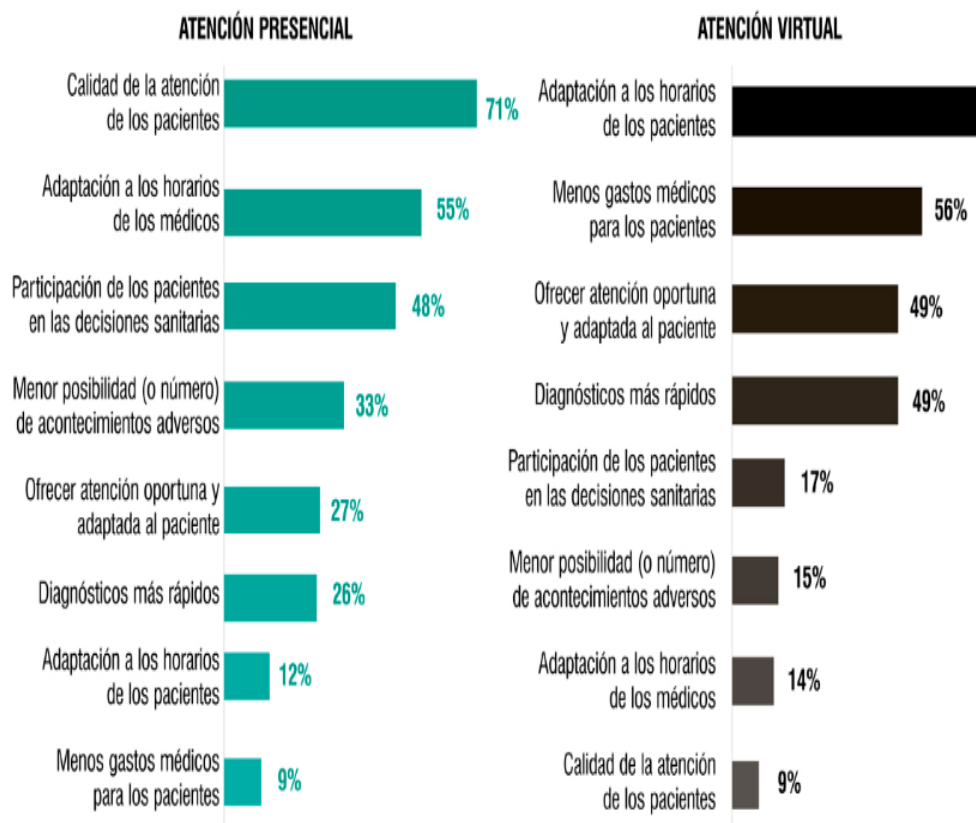
Un 80% de ciudadanos europeos consideran importante el uso de la tecnología en el cuidado de la salud, según encuesta realizada por Accenture una empresa de investigación en el campo del desarrollo tecnológico y presentado por Health-io global empresa dedicada a las innovaciones tecnologicas en el ambito de la salud. Siendo la principal conclusion que existe la predisposición a utilizar tecnologías confiables y seguras, siempre y cuando estas tecnologías respondan a sus necesidades y sean usables.

Un 84% se muestra a favor del uso de dispositivos wearables para monitorizar su estado de salud; el 16% aceptaría ponerse un dispositivo

tecnológico para medir y hacer un seguimiento de sus constantes vitales; el 21% para medir y hacer un seguimiento de su estado físico y su estilo de vida, y el 47%, para ambas cosas.

Además, el 41% de los ciudadanos ya usan aplicaciones de salud en sus móviles y tabletas, mientras que el 40% utilizan básculas inteligentes. Sin embargo, sólo el 13% ha accedido a su historia clínica electrónica (HCE), fundamentalmente para obtener información sobre los resultados de pruebas sanguíneas y de laboratorio el 69%, de recetas médicas 50%, o para obtener los resultados de radiografías.

Se trata de un porcentaje muy inferior a la media de los países consultados 33%, bien por desconocimiento de que este acceso es posible, bien “porque ofrecemos servicios digitales que el usuario no valora o no necesita. Los siete países incluidos en la encuesta (Australia, España, Estados Unidos, Finlandia, Inglaterra, Noruega y Singapur).



La Telemedicina en América Latina.

El avance de los países del continente americano en materia de e-salud es diverso al europeo. Si bien el 61% de ellos ya tiene una estrategia nacional de e-salud, muchos aún deben pasar de la fase de la formulación de políticas y estrategias de e-salud a la de implementación.

Los datos disponibles (2015) para los Países Miembros de la OMS en la región, a través de su oficina regional, la Organización Panamericana de la Salud (OPS), muestran un panorama mixto de prácticas relacionadas con la e-salud, pues algunas de ellas muestran una tasa de adopción amplia y otras aún están en un estado incipiente. La tele salud y los macro datos, por ejemplo, se encuentran en una etapa inicial. En este contexto, sería conveniente estimular la formulación de políticas de cooperación interinstitucional entre universidades, administración pública e instituciones sanitarias para avanzar en prácticas de telemedicina específicas. Aunque el 36.8% de los países encuestados informa de alguna política o estrategia de telemedicina, algunos países expresaron en la encuesta que es importante contar con estudios sobre la relación costo–beneficio y la legislación pertinente para desarrollar este componente de la e-salud.

La región se caracteriza por la desigualdad en cuanto a los niveles de adopción entre los países según los niveles de ingreso. Mientras los países de renta media-baja deben avanzar en la implementación de sus estrategias y políticas de e-salud, los países de renta media-alta deben avanzar en la consolidación de las mismas, además de progresar en la implementación de las TIC en el sector de la salud.

El 78.9% de los países no tiene una política o estrategia nacional sobre el uso de dichas redes entre profesionales de salud. Los retos más grandes en la región son el presupuesto, la interoperabilidad de los sistemas informáticos, la falta de apoyo institucional a iniciativas de e-salud y las diferencias lingüísticas, en particular en países con importante población indígena. Únicamente 3 países de 9 señalaron contar con políticas para hacer frente a este problema (Aviles, Co-autores, Rosado, & Castro, s. f.)



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Mera Rivadeneira, William Ricardo** con C.C: # 0922613203 autor del trabajo de titulación: **Aporte de las redes inalámbricas de sensores corporales y su alcance con la llegada de redes de alto desempeño en el campo de la electrónica medica preventiva en la medición de ritmos cardiacos** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 11 de marzo de 2019

f. _____

Nombre: Mera Rivadeneira, William Ricardo

C.C: 0922613203



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

| | | | |
|--|--|-----------------------------------|----|
| TÍTULO Y SUBTÍTULO: | Aporte de las redes inalámbricas de sensores corporales y su alcance con la llegada de redes de alto desempeño en el campo de la electrónica medica preventiva en la medición de ritmos cardiacos. | | |
| AUTOR(ES) | Mera Rivadeneira, William Ricardo | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) | Bastidas Cabrera, Tomás Gaspar | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo | | |
| CARRERA: | Ingeniería en Telecomunicaciones | | |
| TITULO OBTENIDO: | Ingeniero en Telecomunicaciones | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 11 de marzo de 2019 | No. DE PÁGINAS: | 70 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Comunicaciones Inalámbricas | | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | DISPOSITIVO WEREABLES, WBSN (WIRELESS BODY SENSOR NETWORK), SEGURIDAD, PREVENCIÓN, SALUD. | | |
| RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): | | | |
| <p>Los desarrollos en el campo científico, tecnológico y de la medicina están fuertemente unidos, sus progresos se han caracterizado por los grandes saltos y los efectos radicales sobre la humanidad y demás. La llegada de las WBSN (Wireless Body Sensor Network) se vio como un gran salto en la rama de la medicina moderna, dejando atrás el concepto de intervenciones complejas que necesitan de diagnósticos complejos y luego un monitoreo intensivo, para luego ver algo de resultados. Esta tecnología de dispositivos wereables consiste en facilitar la vida a la personas, a que su salud este siempre monitoreada sin necesidad de ir al médico, sino desde la comodidad de su hogar sin interrumpir sus actividades diarias. Con el pasar del tiempo se ha buscado la manera de miniaturizar estos dispositivos con el fin que no sean molestos al momento de usarlos y poco invasivo, aplicando una tecnología nada nociva para la salud, donde también se aplican principios de seguridad para la transmisión de datos debido a la sensibilidad de la información de los pacientes. Es muy evidente la evolución de estos dispositivos llegando al punto que con un solo dispositivo muy pequeño se logre monitorear casi por completo la salud una persona.</p> | | | |
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: +593-996527637 | E-mail: willy1990_jen@hotmail.com | |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):: | Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando | | |
| | Teléfono: +593-967608298 | | |
| | E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec | | |
| SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA | | | |
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | | | |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN: | | | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | | |