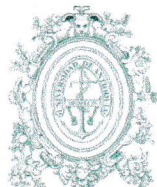


Estado del Arte: Sistema de Red de Sensores Inalámbricos (WSN) portátil aplicado al monitoreo ambiental en una ciudad, como complemento a las estaciones fijas.

Informe Final Practica Académica Presentado Como Requisito Para Optar al Título de Ingeniero **EN TELECOMUNICACIONES**

Modalidad **VIRTUAL**

OSCAR ALBERTO VALENCIA VAHOS



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803
FACULTAD DE INGENIERÍA

Firma *María Hincapié V*

Nombre Asesor Interno
Cargo: Est. Maestría en Ingeniería
de Telecomunicaciones

Firma

Nombre Asesor externo
Cargo

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
ENERO DE 2019
MEDELLÍN**

Resumen

En el presente Estado del Arte de las Redes de Sensores Inalámbricas WSNs (Wireless sensor networks) portátiles, usadas también para aplicaciones de monitoreo ambiental, se hizo inicialmente una breve introducción acerca de las clases de redes inalámbricas existentes y sus aplicaciones. Las WSN portátiles pueden complementar a las redes existentes en las ciudades y zonas rurales para aumentar la cantidad y exactitud de los datos y así tomar medidas que mitiguen los problemas de salud que se generan por esta problemática que según la Organización Mundial de la Salud OMS es causante de miles decesos derivados de la contaminación ambiental. Se resaltó que las WSNs, en general y de cualquier tipo, se han convertido en una de las tecnologías más prometedoras a futuro. Esto gracias a los avances tecnológicos y la capacidad de estos pequeños sensores, que son inteligentes, económicos y al formar redes son de fácil implementación. La parte exigente para este tipo de redes es su consumo energético y la forma en que se debe optimizar las baterías o energía utilizada y hacer que la red sea eficiente, de fácil implementación, escalable, confiable, flexible, y presente los datos en tiempo real.

Para que se logre transmitir y hacer uso eficiente de las WSN, la implementación requiere se haga uso de tecnologías propias para establecer comunicaciones inalámbricas como WI-FI, ZigBee, Bluetooth y el acercamiento con el usuario por medio de redes como GPRS (Servicio General de Paquetes Vía Radio) servicio inalámbrico para terminales móviles El documento final despliega también los protocolos que son usados en dichas redes, como el estándar 811.15.4 y ZigBee, quienes hacen posibles las comunicaciones ordenadas entre dispositivos, nodos y usuarios.

Finalmente despliega los datos de la OMS (Organización Mundial de la Salud), sobre las situaciones de riesgo por la contaminación del medio ambiente, para la humanidad no solo en las ciudades sino también en zonas rurales. Igualmente revive las dificultades que ha experimentado la ciudad de Medellín, que, a pesar de su pujanza y desarrollo, no es ajena a la polución, y contingencias debido a alto grado de material particulado que envuelve la ciudad y el crecimiento del parque automotor, como causa primaria de dicha situación. En ella y en varias ocasiones se ha sobrepasado los niveles permitidos. Se buscaron ciudades que potencialmente usan las Redes de Sensores. Se hizo conclusiones y sugerencias de estudios a futuro.



Introducción

La Organización Mundial de la Salud(OMS) calcula que cada año mueren unos 7 millones de personas en el mundo a raíz de la contaminación ambiental, considerando espacios interiores y aún más los exteriores. Algunas ciudades en el mundo presentan altos niveles de contaminación, es decir una muy mala calidad del aire, causada principalmente por la quema de materia prima de origen vegetal o animal utilizada en muchos países como fuente de energía. También los incendios forestales, la quema de basuras y llantas, el creciente uso de automóviles que usan combustible, han aumentado los gases nocivos en ciudades como Lagos(Nigeria) y Ciudad de México. [1].

Para prevenir desastres naturales, principalmente, se han impuesto las alarmas o señales de alerta con anticipación; para minimizar pérdidas de vidas humanas y daños materiales que conllevan igualmente altos costos económicos para entidades, gobiernos y personas del común. Y es que gracias a los avances tecnológicos y de la disposición de sensores pequeños, que son económicos e inteligentes surgen las WSN (Wireless Sensor Networks) Redes de Sensores Inalámbricos, las cuáles son económicas y de fácil implementación [2]. Aunque se tienen limitantes como son las investigaciones que se deben abordar para que la tecnología sea más generalizada y con aplicaciones en el mundo real. Igualmente va a requerir nuevos avances en los estándares y tecnologías que las hagan viables y con nuevas aplicaciones. Según el área donde se requiere monitorear, es necesario determinar el tamaño y configuración de la red. Se ha reconocido siempre en la importancia de optimizar el gasto energético de los sensores utilizando protocolos eficientes en ahorro de energía. Se presenta capacidades de cómputo, hardware y ancho de banda limitados. [3]

El presente Estado del Arte pretende determinar mediante un documento final, un concatenado de las distintas WSNs dejando abierta a futuro la posibilidad de que los estudiantes y demás personas que deseen proponer mejores protocolos y construcción física de dichas redes, especialmente las móviles o portátiles; para ser utilizadas en diferentes ciudades del mundo. Para lograr esto se han utilizado las Bases de Datos de la Universidad de Antioquia, bibliografía en Internet que nos acerca a estudios de otras universidades del mundo. El gran beneficio que se brinda a las comunidades es justamente la visión que siempre se quiere lograr desde la academia y hace que la Universidad siempre avance académica y tecnológicamente, para obtener beneficios comunes. Muchos países están tomando medidas para monitorear y controlar la contaminación del aire. Para que los ciudadanos puedan protegerse oportunamente y realizar las intervenciones médicas propias, las WSN portátiles de bajo costo pueden complementar las redes existentes en las regiones urbanas y rurales para aumentar la capacidad y la resolución de los datos para este propósito. [4]



Objetivos

Objetivo General

Realizar un estado del arte acerca de la aplicación de una red de sensores inalámbricos portátil al monitoreo del medio ambiente en las ciudades, como complemento al sistema de monitoreo con estaciones fijas.

Objetivos Específicos

- Recolectar y documentar información sobre las redes de sensores inalámbricos portátiles, sus aplicaciones, tecnologías usadas al implementarlas y transmitir (ancho de banda, frecuencias de transmisión etc.) e innovaciones actuales.
- Recolectar y documentar información acerca del sistema de monitoreo ambiental que existe actualmente en Colombia y otros lugares del mundo, señalando sus ventajas y desventajas.
- Identificar componentes, dispositivos electrónicos y demás infraestructura, requeridos por las redes de Monitoreo Ambiental, tanto fijas como portátiles.
- Construir la taxonomía de las WSNs portátiles con base en la información recolectada y documentada.

Marco Teórico

1. Redes de Sensores Inalámbricas:

Al igual, que otras tecnologías existentes en el mundo de hoy, las WNS (Wireless Sensor Networks) Redes de Sensores Inalámbricas, han surgido como respuesta a diferentes necesidades y circunstancias de la historia. Durante las guerras se usó, como detector de buques aprovechando sus impulsos sonoros un sistema denominado SONAR (Sound Navigation And Ranging) traducido como, navegación y alcance por sonido, con dichas aplicaciones no sólo en el agua sino también en el aire para investigaciones atmosféricas [5]. Durante la primera guerra mundial se hicieron avances sobre el uso del sonido con el objetivo de detectar submarinos. El meteorólogo inglés Lewis Richardson patentó en 1912 un dispositivo con capacidad de detectar dichas ondas del sonido, y el Alemán Alexander Behm ha patentado otro similar en 1913. [5] Es así como surge también el RADAR para los años cuarenta durante la segunda guerra mundial, el cual consiste en emitir un impulso de radio y al chocar con el objeto encontrado se regresa nuevamente al emisor con información importante, como la ubicación, altura del objeto entre otras.

Es así como los sensores han evolucionado, hasta que hoy en día tenemos las redes de sensores inalámbricas con dispositivos capaces de obtener información sin que se requiera que estemos



presentes. Se forman redes de sensores o nodos con capacidad hasta de autoconfiguración, de envío de información a un sumidero o nodo principal a un equipo que se encarga de procesar los datos, enviarlos luego por internet hasta los equipos del usuario que implementa la red y hacia las aplicaciones finales. En resumen, las WSN son algún tipo de red inalámbrica basada en cierta cantidad de dispositivos pequeños, autodirigidos, de baja potencia llamados sensores o motas y trabajan como pequeñas computadoras unidas para formar redes. Estos nodos permiten ser utilizados para captar e interpretar en el medio, variables como la temperatura, humedad, presión, posición, sonidos, vibración, humo, crecientes y muchas aplicaciones más en los sitios donde sean instalados. [6]. Un grupo de sensores, recopila los datos del medio para luego aplicarse según los objetivos que se busque con ellos, como aviso de inundaciones, alertas por humo entre otras aplicaciones. Dicha comunicación entre motas es posible utilizando transceptores. Son sensores que contienen microcontroladores inteligentes y que permiten las comunicaciones o interfaz entre WI-FI, Bluetooth, y ZigBee que se describirán más adelante. Las cantidades de estos dispositivos pueden ser muy grandes o pequeñas. [6]

1.1 WSN Fijas

En este caso la red es instalada en un punto o área específica y los nodos siempre están en el mismo sitio cumpliendo su función de monitorear según el caso o parámetro para el cual fueron diseñados.

En general las Redes de Sensores Inalámbricas tienen un funcionamiento basado en los sensores, que se unen para enviar información del campo monitoreado, por medio de enlaces inalámbricos. Esta información es enviada a un receptor que maneja los datos a nivel local y que luego hace conexión con otras redes, por ejemplo, al Internet y por medio de una puerta de enlace o Gateway y es desde allí, desde la red final, donde el usuario utiliza la información, ya sea como conocimiento general o para alguna aplicación. De igual manera esta tecnología WSN tiene muchas ventajas sobre las demás redes que conocemos ordinariamente y son sus menores costos, escalables, confiables, precisas, flexibles de fácil implementación y para una variada gama de aplicaciones. [2]. En la fig. 1 a) se observa una configuración básica de red WSN que consta de la red de sensores que se comunican con la estación base, desde allí la estación hace lo propio hacia la red de Internet y ya finalmente son observados los resultados por un usuario que puede ser la entidad que hace seguimiento o el usuario del común que desea ver la información. En la Fig 1. b) Se tiene una configuración un poco más compleja donde entra a interactuar entre la estación base y la red de internet otro elemento de comunicación GPRS (General Packet Radio Service), en inglés. Servicio general de paquetes vía radio, que permite una cobertura inalámbrica muy completa; aunque hoy en día existen otras tecnología mejoradas. La figura nos muestra una red que monitoriza la calidad del agua en un área subterránea.



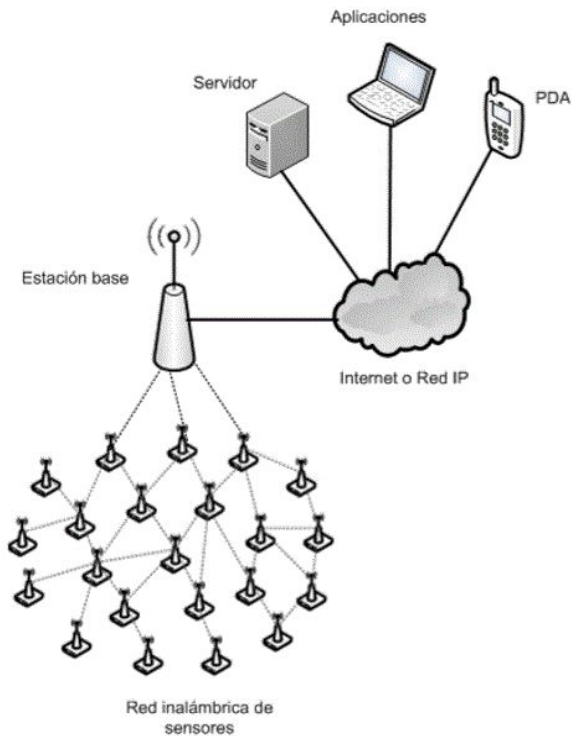


Fig 1.a) Estructura básica de WSN. Fuente: <http://materias.fi.uba.ar/7500/Garbarino.pdf>

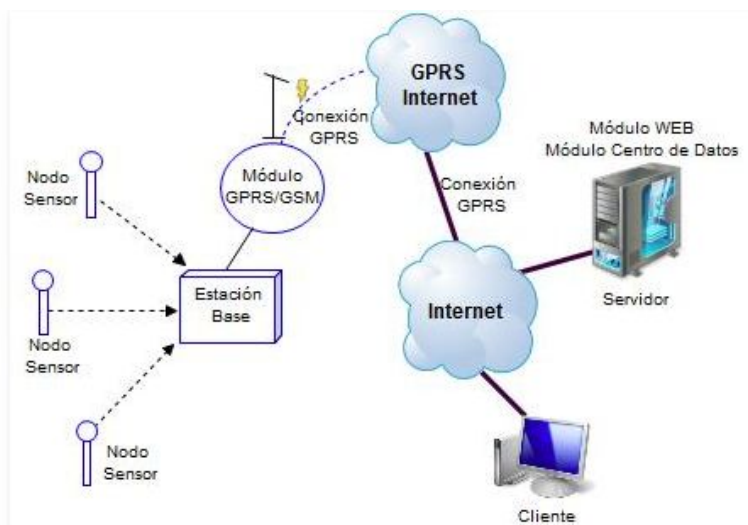


Fig 1.b) Monitoreo de calidad del agua subterránea. Fuente: <http://www.estudiopatino.pol.una.py/blog/?p=621>

Estación Base: Equipo que coordina la red gestionando las actividades de cada nodo. tiene que ver con todo lo relacionado con los datos: Los solicita, los integra, analiza y los transmite a dispositivos de visualización y PDA(Personal Digital Assistant) Dispositivo de Asistencia Personal. La transmisión puede ser por medio de GPRS, WI-FI y otras según la tecnología usada.

Los nodos son versátiles de numerosas tecnologías y aplicaciones. Su funcionamiento se basa en tomar del medio la información y convertirla en señales eléctricas, además vienen en variadas placas para medir los parámetros por ejemplo de radiación solar, humedad, temperatura, suelos,

sonido y muchas otras aplicaciones que podemos encontrar en las diferentes bibliografías. como ejemplo de estas placas tenemos en la Fig. 2 El MTS420 Sensor capaz de detectar temperatura, humedad, luminosidad, barómetro(mide la presión atmosférica) y como complemento tiene un módulo GPS opcional. [7] El nodo sensor es un dispositivo inalámbrico multifuncional y energéticamente eficiente. Las aplicaciones de las motas en la industria están muy extendidas. Una colección de nodos sensores recopila los datos del entorno para lograr objetivos de aplicación específicos. La comunicación entre motas se puede hacer entre sí utilizando transceptores. Un transceptor es un equipo electrónico que transmite información y envía también así no sea en el mismo instante.



Fig. 2 . Sensor MTS400CC el cual mide 5 parámetros ambientales.

Fuente: <http://www.memsic.com> (Datasheet MTS420 and 400)

1.2 Redes WSNs Portátiles:

Con la intención de monitorear o detectar partículas PM2.5 se ha diseñado un sistema WSN, con la misma idea básica de contar con gran cantidad de nodos a cierta distancia y en comunicación, principalmente vía Wi-Fi, a un servidor que permita procesar y almacenar los datos y llevarlos a otros dispositivos. Cada nodo sensor, es entonces, un dispositivo portátil, como de bolsillo con un sensor que mide partículas PM2.5, otro para temperatura y humedad, uno más para UV (Radiación Ultravioleta), con GPS (Sistema de Posicionamiento Global), que da información de la posición geográfica donde se encuentra el usuario [4]. El nodo al ser portátil requiere que el servidor igualmente se de gran portabilidad, esto para que procese los datos en el sitio donde se desea tomar los datos. Aquí los autores aseguran que las principales limitantes

de las redes de sensores son los costosos y concuerdan con la demás bibliografía en que la batería en algunos sistemas dura menos de 24 horas y por eso la propuesta de crear las redes inalámbricas portátiles para el monitoreo ambiental en tiempo real.

En la Fig 3. Se observan los nodos que cumplen las funciones mencionadas anteriormente y transmiten hacia el lado del servidor por medio del protocolo UDP. El protocolo UDP (User Datagram Protocol, Protocolo de datagrama de usuario) es un protocolo no orientado a conexión de la capa de transporte del modelo TCP/IP. Envía paquetes en una red sin que se haya hecho una conexión previa. [8]. Se tiene un servidor UDP quien es el encargado de recibir los datos de los nodos o de enviarle datos a los mismos. Una base de datos, almacena todos los datos de los nodos sensores y el Servidor Web con interfaces web y API(Application Programming Interface) interfaces par que el usuario pueda interpretar y entender los datos entregados por los sensores.[4]

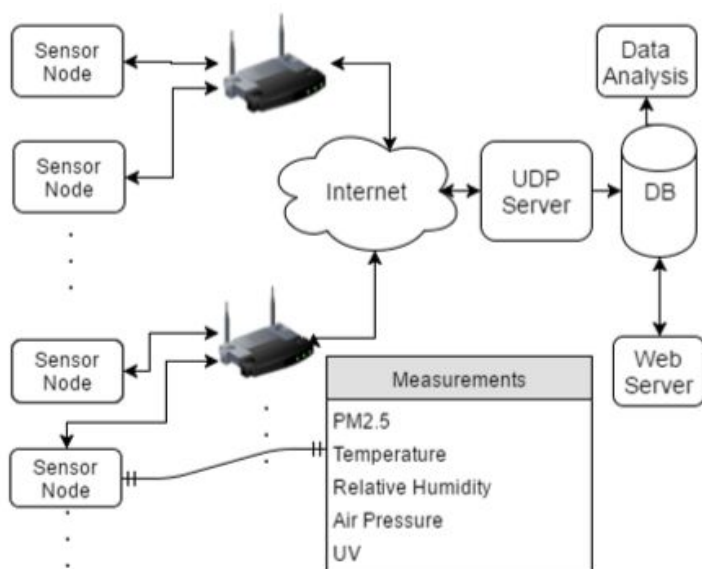


Fig. 3. Diseño del sistema WSN propuesto. Fuente: [4]

1.3 Protocolos más usados en WSN

Los protocolos permiten el intercambio de datos entre los dispositivos de la red. Se tiene por ejemplo ZigBee y el 802.15.4 como los más usados en estas tecnologías inalámbricas. Cabe mencionar también el 6Lowpan que integra la red con direcciones IPV6 que son direccionamientos IP de los dispositivos involucrados. Se incluye acá gestión de red por software.[9] Su funcionamiento se basa en un nodo Coordinador, quien recoge la información de los nodos finales y la lleva a un servidor de datos. Tiene aplicaciones en radiodifusión digital de de bajo consumo energético. Las capas de este protocolo inician con la capa Física y la segunda MAC del protocolo 802.15.4 . El protocolo ZigBee es muy usado en las WSNs y

especialmente para el monitoreo climático. Una Desventaja consiste en que no permite la conexión directa entre los nodos sino que debe hacerse por medio del nodo Coordinador que existe uno por red, al contrario del protocolo 802.15.4 que si permite la conexión entre nodos y trabaja en la capa dos del modelo OSI. [9] en la Fig. 4 . Encontramos las diferentes capas del protocolo ZigBee.

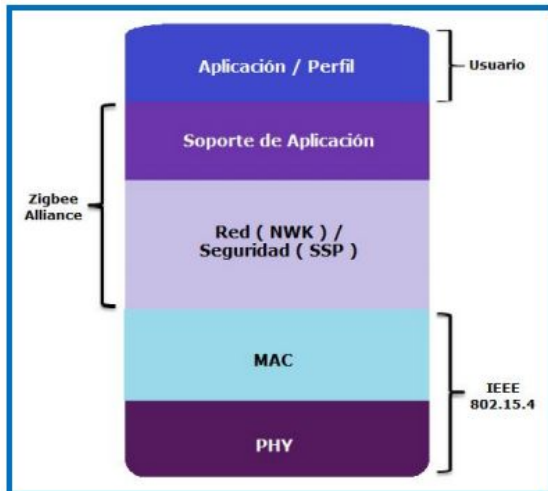


Fig. 4 Capas del Protocolo ZigBee. Fuente[10]

Para el funcionamiento de las redes WSN, se tienen tecnologías inalámbricas que se usan también para las redes en cuestión. WI-FI, por ejemplo, tiene la ventaja sobre ZigBee, en cuanto que permite monitoreo en video y mayor ancho de banda, esto requiere entonces más demanda de baterías. El desarrollo del Bluetooth, ha generado también el uso de bajo coste, opera igualmente a 2.4GHz; y transmite datos con tasa de 1Mbps; pero el alcance entre dispositivos es de 5 a 10m.[11] En la Tabla 1. se puede verificar las diferencias entre algunas de estas tecnologías que se han desarrollado y aplicado en los últimos años.

Tabla 1. Comparativo entre redes inalámbricas usadas. Fuente: [11]

Comparativa entre tecnologías inalámbricas			
	Wi-fi a/b/g (802.11)	Bluetooth (802.15.1)	ZigBee (802.15.4)
Frecuencias de trabajo	2.4 GHz (b y g) / 5.0 GHz (a)	2.4 GHz	2.4 GHz, 868 MHz y 915 MHz
Tamaño de la pila	~1 Mb	~1 Mb	~20 Kb
Tasa de transferencia	54 Mbps	1 Mbps	250 kbps (2.4 GHz) 40 kbps (915 MHz) 20 kbps (868 MHz)
Número de canales	11 – 14	79	16 (2.4 GHz) 10 (915 MHz) 1 (868 MHz)
Tipo de datos	Digital	Digital, audio	Digital, texto
Cobertura entre nodos internos	100m	10m – 100m	10m – 100m
Número de dispositivos	32	8	255 / 65535
Tiempo de conexión a la red	Hasta 3s	Hasta 10s	30ms
Requisitos de alimentación / duración	Media – Horas	Media – Dias	Muy Baja – Años
Consumo de potencia	400mA transmisión 20mA en reposo	40mA transmisión 0.2mA en reposo	30mA transmisión 3mA en reposo
Difusión en el mercado	Alta	Media	Baja
Arquitecturas	Estrella	Estrella	Estrella, Árbol, Punto a punto y Malla
Aplicaciones	Conexión a internet, web, email, video	Ordenadores y teléfonos móviles	Control y monitorización de bajo costo, localización
Precio	Elevado	Medio	Bajo
Complejidad	Complejo	Complejo	Simple
Puntos fuertes	Velocidad, flexibilidad	Prestaciones, coste	Robustez, consumo, coste, flexibilidad, escalabilidad

1.4 Aplicaciones más importantes de las WSNs

Entre las principales aplicaciones tenemos:

- Aplicaciones militares
- Aplicaciones de salud
- Aplicaciones ambientales
- Aplicaciones en el hogar
- Aplicaciones comerciales
- Monitoreo de área
- Seguimiento de la salud
- Sensaciones ambientales / terrestres.
- Monitoreo de la contaminación del aire
- Detección de incendios forestales
- Detección de deslizamientos



2. Problemática de la contaminación medioambiental.

Como se dijo muchos países están tomando medidas par monitorear y controlar la calidad del aire. y así los ciudadanos puedan protegerse y buscar pronto soluciones médicas. Los datos son escasos y no dan un dato real de la exposición humana. La parte de la salud que se ve afectada es el sistema respiratorio, cardiovascular, cardiopulmonar y el reproductivo. Según la OMS calcula de más de 1.400 millones de habitantes viven en zonas con calidad del aire por encima de los niveles permitidos. [4]

2.1 Descripción y estadísticas a nivel mundial.

Según datos de la OMS se tienen los siguientes la siguiente información; [12]

En el 2016, desafortunadamente el 91% de la población vivía en los lugares donde no se respetaban las directrices de dicha entidad con respecto a la calidad del aire.

En las ciudades y aún en las zonas rurales mueren cada año 4.2 millones de personas, debido a enfermedades por causa de la contaminación del aire.

La personas con enfermedades previas, los niños menores de 5 años y los adultos entre 50 y 75 años son los más afectados. Los sectores más pobres y aquellas personas que viven con más vulnerabilidad, como los niños y las mujeres, en los sitios interiores donde se cocina con biomasa,; para calefacción y calentar los alimentos, tienen un alto riesgo.

A 2018 nueve de cada diez personas en el mundo respiran el aire contaminado y puede causar hasta 7 millones de muertes al año. El riesgo se debe a que las partículas finas ingresan a los pulmones y al sistema cardiovascular produciendo, derrames cerebrales, ataques al corazón, obstrucciones e infecciones respiratorias. De cada una de las siguientes causas de muerte, considerando el 100% de cada enfermedad, por participación de la contaminación ambiental se tiene el porcentaje así:

El 24% del total fallecen por dolencias cardiacas, se debe a la contaminación.

El 25% por trastornos vasculares o trombosis por estas mismas causas.

43% por obstrucción de las vías respiratorias.

29% por cáncer de pulmón debido a dicha contaminación. De un 100% que mueren por esta enfermedad.

2.2. Descripción y estadísticas de nivel Medellín

Aunque Medellín cuenta con un muy buen transporte público, por encima de las demás ciudades de Colombia, con su Metro que ya lleva más de 25 años funcionando y es eléctrico, el Tranvía, y los demás sistemas anexos al Metro y que son más amigables con el medio ambiente, desafortunadamente es la novena Ciudad de Latinoamérica más contaminada. Las causas más significativas son: Ubicación Geográfica, malas costumbres de sus habitantes, gases y

partículas que descargan las industrias y la principal que es el uso de automotores [13]. Según este periódico; para la fecha se tuvo presente que el material particulado por metro cúbico fue de 127 microgramos, por lo que se inicia la contingencia ambiental una vez más. Todo esto causado principalmente por el parque automotor, generando por combustión de petróleo, gas y el diésel que liberan el 80% de las partículas menores, el 74% de emisiones de dióxido de carbono, el 90% , el 99% emisiones de metano y 80% de oxígeno nitroso. Según estudios de la Universidad de Antioquia, en los últimos 32 años han muerto en Medellín 64.948 personas por cáncer de pulmón. Son aproximadamente unos 630.000 carros particulares, 636.000 motocicletas, 30.000 taxis y 6.000 buses. Preventivamente se ha medido las emisiones a las volquetas, como control a los automotores más contaminantes.

Metodología

El estado del Arte de las WSNs Portátiles, se ha basado fundamentalmente en los siguientes procesos:

- Se ideó la propuesta y se presentó al Comité de Carrera.
- Se procedió a establecer un cronograma de actividades.
- Una Vez aprobada y que se averiguó la bibliografía, se reorganizan ideas, en el sentido de la importancia ordenar los datos para sea clara y que a futuro se logre implementar por otros estudiantes de la Universidad.
- Se procedió a buscar la Bibliografía pertinente y se almacenó en archivos organizados por títulos y temas posibles a tratarse, durante el desarrollo del trabajo.
- Se comenzó a resolver el Estado del Arte siguiendo los parámetros que se hicieron durante la propuesta.
- La asesora revisó periódicamente la solución y proceso.
- Se realizó un documento final con la información recolectada y con la que fué necesario agregar sobre la marcha.
- se concluyó y se realizaron propuestas a futuro.

Resultados y análisis

Según la OMS(Organización Mundial de la Salud) en el 2012 murieron 12.6 millones de personas por causas que tienen que ver con el medio ambiente, lo que equivale a casi una cuarta parte total mundial de muerte. Según esta entidad las causas ambientales son: la contaminación del aire, del suelo, agua, exposición a productos químicos, el cambio climático y la radiación ultravioleta.[14]





Fig 4. Infografía del panorama mundial a causa del medio ambiente según la OMS.
 Fuente: [15]

Según la resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los niveles máximos permitidos de los entes contaminantes del aire se visualizan en la Tabla 2. en el Parágrafo primero dice que la autoridad ambiental está obligada a medir hasta PM2.5 establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.[16]

Tabla 2. Niveles máximos permisibles para contaminantes. Fuente: [16]

Contaminante	Nivel Máximo Permissible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM10	50	Anual
	100	24 horas
PM2.5	25	Anual
	50	24 horas
SO ₂	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO ₂	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
O ₃	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10.000	8 horas
	40.000	1 hora







Específicamente la ciudad de Medellín ha vivido contingencias [17], debido la contaminación ambiental en momentos históricos en donde se han superado los estándares permitidos de material particulado, especialmente PM2.5 . Este material está compuesto por sulfatos, nitratos, cloruro sódico, este material tiene amoníaco entre otros. Estas se encuentran suspendidas en el aire y es una combinación de partículas líquidas y sólidas.

Tanto en la taxonomía de las redes de sensores como en la identificación de dispositivos para las WSNs en general es imprescindible revisar las características de sus componentes, como es el caso de los sensores. Debemos elegir los adecuados según los objetivos de la red, de la necesidad o parámetro a medir, utilidad y eficiencia. Un ejemplo de dichas características las podemos observar en la Tabla.3. Allí muestra un listado de sensores y sus principales datos o características a tener en cuenta.

En cuanto a las protocolos que se usan generalmente en este tipo de redes se tiene 802.15.4 en complemento, en la mayoría de los casos, con la tecnología ZigBee. La tecnologías inalámbricas más usadas en este tipo de redes son: WiFi (IEEE 802.11g) Bluetooth (IEEE 802.15.1) y ZigBee (IEEE 802.15.4), cada una tiene características diferentes.



Tabla 3. Algunas referencias de sensores y sus características.[18]

Sensor	VARIABLES de medida	Unidades de medida	Precisión	Principio de funcionamiento	Voltaje de funcionamiento	Señal de salida	Foto
<i>MQ7</i>	Concentración CO	ppm	Depende de la resistencia de carga	Resistivo	PWM alternante entre 1.4V y 5V	Análoga	
<i>MQ135</i>	Concentración CO ₂ , NO _x , NH ₃	ppm	Depende de la resistencia de carga	Resistivo	5V	Análoga	
<i>DHT11</i>	Temperatura y humedad	°C y %	±2°C y ±5%	NTC Resistivo	5V	Digital calibrada	
<i>DHT22</i>	Temperatura y humedad	°C y %	±0.5°C y ±2%	Capacitivo	5V	Digital calibrada	
<i>BMP180</i>	Presión y temperatura	hPa y °C	± hPa y ±0.1°C	Piezo-resistivo	3.3V	Interfaz I2C	
<i>GP2Y1010AU0F</i>	Densidad de polvo	mg/m ³	±0.1 mg/m ³	Optico	5V	Análoga	

Conclusiones

Para resolver problemas de costos, resistencia de las baterías y tecnologías de comunicación inalámbricas adecuadas y a pesar de que las WSNs ofrecen cómo observar, comprender y medir fenómenos se ha ideado las WSNs portátiles en donde cada nodo sensor es lo suficientemente portátil, permitiendo una amplia aplicación del sistema en cuestión. Este sistema es capaz de detectar muchos parámetros ambientales y creando un mapeo de los factores contaminantes. El nodo sensor en forma individual explora factores como la temperatura, presión atmosférica, humedad, PM_{2.5} radiación ultravioleta y ubicación geográfica. Con este tipo de redes se quiere además, según la bibliografía encontrada, reducir costos y aumentar la eficiencia, a pesar de que en se coincide en que las WSN, en general son de bajo costo, de fácil implementación y que existen protocolos como ZigBee que reducen el gasto energético.

Es muy factible la instalación de las WSNs portátiles en cualquier ciudad del mundo; pues según lo que se ha definido en el presente trabajo, con ellas se busca, mejorar el ahorro de costos, ya que las WSNs superan en este aspecto a otros medios de comunicación como el alámbrico. Igualmente los estudios y tendencias muestran que se busca mejorar las tecnologías inalámbricas para que sea un sistema más eficiente, de ahorro de energía, de fácil implementación y escalabilidad.

Los Agentes Móviles que consisten en nodos o motas con los cuáles nos podemos desplazar o ubicar en autos, personas u otro tipo de dispositivo móvil, tienen una gran similitud con las WSNs portátiles ya que estas últimas también garantizan el monitoreo en sitios a donde nos podamos desplazar con ellas sólo que tiene unos sensores definidos para monitorear unos cuantos parámetros ambientales y la conexión al medio a donde debe llevar la información se hace por protocolo UDP, el cual no está orientado a la conexión, es decir, sin que se haya hecho una conexión previa.

Los sistemas de monitoreo ambiental tanto en Colombia como en el mundo han mejorado notablemente y tienen además tecnologías que permiten tomar los datos en tiempo real, con los datos calibrados según los niveles de contaminación permitidos; pero la información se queda muchas veces en las instituciones encargadas de recibirla y manejarla. No siempre llega esta al usuario. Lo que realmente es preocupante es que se tenga la información y la contaminación siga siendo tan alta o creciente, según las autoridades ambientales y nos cueste tanto reducirla a niveles que no afecten la salud humana.

En cuanto a los protocolos que se usan generalmente en este tipo de redes se tiene 802.15.4 en complemento, en la mayoría de los casos, con la tecnología ZigBee. Las tecnologías inalámbricas más usadas en este tipo de redes son: WiFi (IEEE 802.11g) Bluetooth (IEEE 802.15.1) y ZigBee (IEEE 802.15.4), cada una tiene características diferentes.



Referencias Bibliográficas

- [1] Dinero. Top de las ciudades con la peor calidad del aire en el mundo. Internacional. 4/6/17 12:01:00 AM.
<https://www.dinero.com/internacional/articulo/ciudades-con-la-peor-calidad-del-aire-en-el-mundo-2017/243724>
- [2] V. Potdar, A. Sharif and E. Chang, "Wireless Sensor Networks: A Survey," 2009 International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, Bradford, 2009, pp. 636-641. doi: 10.1109/WAINA.2009.192. URL:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5136720&isnumber=5136572>
- [3] MUESTREO PREDICTIVO COMO ESTRATEGIA DE AHORRO DE ENERGÍA EN UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS. Trabajo de Grado para título Magister en Ingeniería. Wilson Medina Sánchez. Universidad EAFIT. Febrero de 2011.
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/174/Wilson_MedinaSanchez_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [4] Tse Yubin Xiao Rita T. A Portable Wireless Sensor Network System for Real-Time Environmental Monitoring. School of Public Administration Macao. Polytechnic Institute Macao S.A.R.China. SENSORCOMM 2013: The Seventh International Conference on Sensor Technologies and Applications. IEE. Bases de Datos U de A.
- [5] DESARROLLO DE APLICACIONES BASADAS EN WSN. Página Web Universidad Politécnica de Valencia. Valencia España. Sebastián Román Maroto Cantillo. Etsinf PFC Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Septiembre de 2010.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8592/PFC%20-%20DESARROLLO%20DE%20APLICACIONES%20BASADAS%20EN%20WSN.pdf>
- [6] Wireless Sensor Network Architecture and Its Applications. Electronics/Projects/Focus.<https://www.elprocus.com/architecture-of-wireless-sensor-network-and-applications/>
- [7] Wireless Sensor Network. Manuel Fernández Barcell. Universidad de Cádiz.
<http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>
- [8] Protocolo UDP. CCM. Enciclopedia. <https://es.ccm.net/contents/284-protocolo-udp>
- [9] Plataformas tecnológicas aplicadas al monitoreo climático Technological platforms applied the climatic monitoring Gabriel Piñeres Espitia , Ángel Mejía Neira. Corporación Universidad de La Costa. 02 de diciembre de 2013. file:///D:/Documents/Downloads/Dialnet-PlataformasTecnologicasAplicadasAlMonitoreoClimati-4752349.pdf
- [10] Capítulo 3 Estándar IEEE.802.15.4.
"RedesZigBee"<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/229/6/A6.pdf>

- [11] Sebastián Román Maroto Cantillo. Desarrollo de Aplicaciones Basadas en WSN. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad Politécnica de Valencia. Sep.2010.<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8592/PFC%20-%20DESARROLLO%20DE%20APLICACIONES%20BASADAS%20EN%20WSN.pdf>
- [12] Organización Mundial de la Salud. Calidad del Aire y Salud. Mayo 02 de 2018. [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- [13] PAOLA MORALES ESCOBAR. Pese a tener metro y tranvía, Medellín sufre por la contaminación. EL TIEMPO. 05 de abril de 2016. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16555834>
- [14] Cada año mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente. Sitio web mundial de la OMS. Comunicado de Prensa. 15 de marzo de 2016 <https://www.who.int/es/news-room/detail/15-03-2016-an-estimated-12-6-million-deaths-each-year-are-attributable-to-unhealthy-environments>
- [15] Cada año mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente. Sitio web mundial de la OMS. Comunicado de Prensa. 15 de marzo de 2016 https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/PHE-prevention-diseases-infographic-ES.pdf
- [16] RESOLUCIÓN NÚMERO (610). EL MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Modifica Resolución 601 del 4 de abril de 2006. 4 de marzo de 2010. <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resoluci%C3%B3n%20610%20de%202010%20-%20Calidad%20del%20Aire.pdf>
- [17] En Medellín, la calidad del aire es una amenaza. Periódico el Tiempo. Por: Valentina Vogt. 10 de marzo de 2018.
- [18] OCHOA DUARTE, Alexei; CANGREJO ALJURE, Libia Denisse y DELGADO, Tatiana. Alternativa Open Source en la implementación de un sistema IoT para la medición de la calidad del aire. Rev cuba cienc informat [online]. 2018, vol.12, n.1 [citado 2019-01-22], pp.189-204. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992018000100014&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2227-1899