



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA  
TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES**

**TEMA  
“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE RED DE SENSORES  
PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN  
AMBIENTES INTERIORES DEL HOSPITAL BÁSICO  
DURÁN”**

**AUTOR  
HERNÁNDEZ QUINTÓN JUAN ORLANDO**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. TELECOM. VEINTIMILLA ANDRADE MIGUEL ÁNGEL, MG.**

**GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2022**



## ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN



### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Diseño de un prototipo de red de sensores para el monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores del Hospital Básico Durán		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Hernández Quintón Juan Orlando		
<b>TUTOR(ES)/REVISOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Ing. Elec. Veintimilla Andrade Miguel Ángel, MG./ Ing. Comp. Acosta Guzmán Iván Leonel, MSIG.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad de Guayaquil		
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería Industrial		
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>			
<b>GRADO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Teleinformática		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	28 de septiembre del 2022	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	113
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Tecnología de las telecomunicaciones.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	WSN, NodeMCU, Wi-Fi, IOT		
<p><b>RESUMEN</b></p> <p>Se realizó este proyecto de titulación con el propósito de presentar el diseño de un prototipo de red de sensores inalámbricos (WSN) con el objetivo de medir y monitorear los niveles de la calidad del aire en los ambientes interiores del Hospital Básico Durán, para lo cual se usó técnicas de investigación como la encuesta en la cual participaron 371 personas entre personal Médico, administrativo y pacientes en general, y la entrevista la cual se realizó a expertos en áreas de Tecnología de la Universidad de Guayaquil y Médica de dicha casa de Salud. El prototipo estará formado por una serie de nodos sensores que se conectan por medio del microcontrolador NodeMCU a la plataforma IOT thinger.io los mismos que realizaron lecturas de distintos agentes de riesgo en el centro hospitalario para posterior visualizar los datos en tiempo real en forma de gráfica, alertando en caso de detectarse una concentración alta de gases contaminantes. Para el levantamiento del sistema se utilizó el estándar Wi-Fi 802.11 b/g/n junto a las herramientas de código abierto en arduino IDE obteniendo así datos reales y de acuerdo a ello se puedan tomar las acciones correctivas respecto los tipos de contaminante que puedan causar desde rinitis hasta neumonías complicadas o severas.</p>			

**ABSTRACT**

This titling project was carried out with the purpose of presenting the design of a wireless sensor network (WSN) prototype with the objective of measuring and monitoring the levels of air quality in the interior environments of the Durán Basic Hospital, for which Research techniques were used such as the survey in which 371 people participated, including medical and administrative personnel and patients in general, and the interview which was conducted with experts in áreas of Technology from the University of Guayaquil and Medical from said Health House. The prototype will consist of a series of sensor nodes that are connected by means of the NodeMCU microcontroller to the IOT thinger.io platform, the same ones that made readings of different risk agents in the hospital center to later visualize the data in real time in the form of graph, alerting in case of detecting a high concentration of polluting gases. For the survey of the system, the Wi-Fi 802.11 b/g/n standard was used together with the open-source tools in Arduino IDE, thus obtaining real data and, accordingly, corrective actions can be taken regarding the types of contaminants that may cause from rhinitis to complicated or severe pneumonia.

ADJUNTO PDF:	SI (X)	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 593 996026888	E-mail: orlandohq@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola	
	Teléfono: 593-2658128	
	E-mail: <a href="mailto:direccionTi@ug.edu.ec">direccionTi@ug.edu.ec</a>	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE  
LICENCIA GRATUITA  
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO  
NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO  
ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON  
FINES NO ACADÉMICOS

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO  
DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES INTERIORES DEL HOSPITAL  
BÁSICO DURÁN”**

Yo, **HERNÁNDEZ QUINTÓN JUAN ORLANDO**, con C.C. No. **0920665825**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES INTERIORES DEL HOSPITAL BÁSICO DURÁN”** son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'H' and 'Q' followed by a series of loops and strokes.

---

**HERNÁNDEZ QUINTÓN JUAN ORLANDO**  
C.C. No. 0920665825



**ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE  
SIMILITUD  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Habiendo sido nombrado ING. TELEC. VEINTIMILLA ANDRADE MIGUEL ÁNGEL, MG, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por HERNÁNDEZ QUINTÓN JUAN ORLANDO, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: **DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES INTERIORES DEL HOSPITAL BÁSICO DURÁN**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio TURNITIN quedando el 3% de coincidencia.

<https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?u=1133714560&lang=es&o=1900708387&s=1>



Firmado electrónicamente por:  
**MIGUEL ANGEL  
VEINTIMILLA  
ANDRADE**

**ING. TELEC. VEINTIMILLA ANDRADE MIGUEL ÁNGEL, MG  
DOCENTE TUTOR  
C.C: 0922668017  
FECHA: 20/09/2022**



## ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

Guayaquil, 20 de septiembre del 2022.

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.**

Director (a) de Carrera Ingeniería en Telemática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación “**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES INTERIORES DEL HOSPITAL BÁSICO DURÁN**” del estudiante **HERNÁNDEZ QUINTÓN JUAN ORLANDO**, indicando que ha (cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**MIGUEL ANGEL  
VEINTIMILLA  
ANDRADE**

**ING. TELECOMUNICACIONES VEINTIMILLA ANDRADE MIGUEL ÁNGEL, MG**  
**DOCENTE TUTOR**  
**C.C: 0922668017**  
**FECHA: 20/09/2022**



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 23 de septiembre del 2022

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.**

Director (a) de Carrera Ingeniería en Telemática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES INTERIORES DEL HOSPITAL BÁSICO DURÁN" del estudiante HERNÁNDEZ QUINTÓN JUAN ORLANDO Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 23 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**IVAN LEONEL**  
**ACOSTA GUZMAN**

**ING. COMP. ACOSTA GUZMÁN IVÁN LEONEL, MSIG.**

**DOCENTE TUTOR REVISOR**

**C.C: 0914940812**

**FECHA: 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2022**

### **Dedicatoria**

Este trabajo va dedicado a mi madre Delia Quinton Acosta quien siempre me ha apoyado con esfuerzo, trabajo y sacrificio para que pueda cumplir mis metas, a mi hermana Nora Hernández Quinton quien siempre me apoyo para que logre mis objetivos, a mis abuelos Luisa Ganchozo Veliz y Enrique Noboa Martinez que desde el cielo siguen guiandome, gracias infinitas por los consejos, por inculcarme buenos valores y enseñarme a no rendirme nunca, a mi pareja Patricia Andrade Carrasco que ha sabido entenderme y ah compartido conmigo el sacrificio realizado para llegar a la meta propuesta.

A mis hijos por darme esa inspiracion de seguir adelante y por entender que el tiempo que eh restado a estar con ellos es por darles un mejor por venir, a mis Tias Laura y Maria Quintong Acosta por estar presentes en cada etapa de mi vida y por ser como mis segundas madres, apoyandome, aconsejandome y guiandome cada vez que lo necesitaba, a la familia de mi esposa que me han mostrado su apoyo incondicional, todo esto no sería posible sin cada uno de ellos, gracias familia.



### **Agradecimiento**

Agradezco a infinitamente Dios por brindarme salud y las fuerzas necesarias para poder seguir adelante ante cualquier adversidad. A mi familia que me apoyó en todo momento con lo que necesitaba tanto en lo material como en lo espiritual.

A mi tutor el Ing. Miguel Veintimilla, quien tuvo la paciencia y supo guiarme, apoyarme con sus conocimientos y experiencia para realizar un buen trabajo de titulación. También agradecer a mis compañeros de la carrera con quienes compartí momentos de alegría y de estrés en mi vida académica, y amigos que de forma directa o indirecta me han brindado su apoyo en los malos momentos.

## Índice General

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

### Capítulo I

#### El Problema

N°	Descripción	Pág.
1.1.	Ubicación del problema en un contexto	2
1.1.1.	Formulación del problema	3
1.1.2.	Sistematización del problema	3
1.2.	Justificación e importancia	4
1.3.	Objetivos de la investigación	6
1.3.1.	Objetivo general	6
1.3.2.	Objetivos específicos	6
1.4.	Delimitación	6
1.5.	Hipótesis de la investigación	7
1.5.1.	Operacionalización de las variables	7
1.6.	Alcance de la investigación	8

### Capítulo II

#### Marco Teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1.	Marco Teórico conceptual	9
2.2.	Antecedentes de la investigación	9
2.3.	Fundamentación teórica	12
2.3.1.	Riesgos para la salud de la mala calidad del aire	12
2.3.1.1.	Causas de la mala calidad del aire interior	12
2.3.1.2.	Evidencia científica de daños a la salud	13
2.3.2.	Redes inalámbricas	14
2.3.3.	Tecnologías de datos inalámbricas	14
2.3.3.1.	Bluetooth	15
2.3.3.2.	ZigBee	15
2.3.3.3.	Wifi	16
2.3.3.4.	Estándar IEEE	17

2.3.4.	Redes de sensores Inalámbricos	17
2.3.5.	Ventajas de las Redes Inalámbricas	20
2.3.5.1.	Flexibilidad	20
2.3.5.2.	Poca planificación	20
2.3.5.3.	Diseño	20
2.3.6.	Características de las redes inalámbricas de sensores.	21
2.3.7.	Topología de redes	22
2.3.7.1.	Topología estrella	22
2.3.7.2.	Topología malla	22
2.3.7.3.	Topología árbol	23
2.3.8.	Arquitectura	24
2.3.9.	Nivel físico	24
2.3.10.	Tipos de sensores	24
2.3.11.	Sensor de calidad de aire	24
2.3.11.1.	Sensor de calidad de aire ZPHS01B	25
2.3.11.2.	Sensor de calidad de aire MQ-135	25
2.3.11.3.	Sensor MQ-7 gas CO monóxido de carbono	26
2.3.11.4.	Sensor de Temperatura y Humedad	27
2.3.12.	Nivel de enlace	28
2.3.13.	Microcontroladores	28
2.3.13.1.	Arduino	28
2.3.13.2.	Raspberry	29
2.3.13.3.	NodeMCU	29
2.3.14.	IOT	30
2.3.15.	Arquitectura de red IOT	31
2.3.16.	Plataformas IOT	31
2.3.16.1	Thingier.io	32
2.3.16.2.	Thingspeak	32
2.3.16.3.	WordPress	33
2.3.16.4.	Ubidots	34
2.4.	Marco conceptual	34
2.4.1.	Sensor	34
2.4.1.1.	Sensor de la calidad del aire	34

2.4.1.2.	Sensor MQ-135	35
2.4.1.3.	Sensor ZPH01B	35
2.4.1.4.	Sensor MQ-7	35
2.4.1.5.	Sensor de temperatura y humedad	35
2.4.1.6.	Sensor DHT 11	35
2.4.1.7.	Sensor DHT 22	35
2.4.2.	Redes de sensores	36
2.4.3.	Redes inalámbricas	36
2.4.4.	Estándar IEEE	36
2.4.5.	Topología de red	36
2.4.6.	IoT	36
2.4.7.	Microcontrolador	36
2.4.7.1.	Arduino	37
2.4.7.2.	NodeMCU	37
2.4.7.3.	Raspberry	37
2.5.	Marco legal	37

### **Capítulo III**

#### **Metodología**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.1.	Método de Investigación	40
3.2.	Diseño de la investigación	40
3.2.1.	Investigación cuantitativa.	40
3.2.2.	Diseño descriptivo.	41
3.2.3.	Diseño correlacional	41
3.2.4.	Diseño bibliográfico.	42
3.2.5.	Diseño no experimental.	42
3.3.	Instrumentos de la investigación	42
3.3.1.	Población	42
3.3.2.	Muestra	43
3.4.	Técnicas en la investigación.	44
3.4.1.	Encuesta.	44
3.4.2.	Entrevistas.	45
3.4.3.	Instrumentos de la investigación	45

3.4.3.1.	Encuesta.	46
3.4.3.2.	Entrevistas.	46
3.5.	Análisis Comparativo – Técnico	46
3.6.	Análisis de resultados	47
3.6.1.	Resultado de la encuesta	47
3.6.2.	Resultado de la entrevista	51
3.6.2.1.	Personal Medico	51
3.6.2.2.	Experto Tecnológico	52
3.7.	Propuesta del desarrollo del prototipo	52
3.7.1.	Análisis de los requerimientos	52
3.7.1.1.	Requerimientos del prototipo	52
3.7.1.2.	Requerimientos del sistema	53
3.7.2.	Comparativa de tecnologías	53
3.7.3.	Comparativa de módulos de comunicación	54
3.7.4.	Comparativa de sensores	55
3.7.5.	Esquema del sistema	56
3.7.6.	Construcción de los nodos sensores	57
3.7.7.	Configuración de IDE Arduino habilitando NodeMCU	57
3.7.8.	Diseño del Prototipo	59
3.7.9.	Diseño de la red	60
3.7.10.	Nodo sensor I	60
3.7.11.	Nodo sensor II	61
3.7.12.	Conexiones del nodo	61
3.7.13.	Elaboración del código.	63
3.7.14.	Configuración de plataforma IOT Thinger.io.	64
3.7.15.	Pruebas de funcionamiento.	67
3.7.15.1.	Conexión con Thinger.io	67
3.7.15.2.	Transmisión y recepción de datos	69
3.7.16.	Comprobación de la hipótesis	69
3.7.17.	Conclusiones	70
3.7.18.	Recomendaciones	71
	Anexos	73
	Bibliografía	86

## Índice de tablas

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Operacionalización de las variables dependiente e independiente.	7
2	Factores en la guía de calidad de aire interior de la OMS	13
3	Clasificación de contaminantes del aire interior	14
4	Características de los sensores DHT	27
5	Arquitectura de 4 capas de red IOT	31
6	Población general del Hospital Básico Durán	43
7	Muestra para variables cuantitativas	43
8	Tamaño de la muestra a encuestar en el Hospital Básico Durán	44
9	Comparación entre tecnologías inalámbricas.	53
10	Comparación de módulos comunicación inalámbricos.	54
11	Comparación de sensores de la calidad del aire.	55

## Índice de figuras

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Hospital Básico Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social Durán	6
2	Tecnología inalámbrica bluetooth	15
3	Tecnología inalámbrica Zigbee	16
4	Tecnología inalámbrica WiFi	16
5	Características de los estándares IEEE 802.11	17
6	Esquema de red se sensores inalámbricos (WSN)	18
7	Topología red de sensores	19
8	Estructura de una red de sensores inalámbricas (WSN)	20
9	Topología Estrella	22
10	Topología Malla	23
11	Topología Árbol	23
12	Sensor de la calidad del aire ZPHS01B	25
13	Sensor de la calidad del aire MQ-135	26
14	Sensor MQ-7	27
15	Sensor de Temperatura y Humedad DHT 11 Y DHT 22	27
16	Distribución de pines en Arduino Uno	29
17	Raspberry Pi	29
18	NodeMCU v2 ESP8266 wifi	30
19	Red y características de Thinger.io	32
20	Diagrama de red IOT com ThingerSpeak	33
21	Tablero Ubidots	34
22	Conocimiento sobre la contaminación del aire	47
23	Consecuencias sobre la contaminación del aire al estar en ambientes cerrados	48
24	Buena calidad del aire en ambientes hospitalarios	48
25	Descompensación por falta de ventilación al interior de un Hospital	49
26	Redes de sensores para el monitoreo de niveles de contaminación	49
27	Implementación de tecnología para mejora de niveles de calidad de aire	50
28	Hospital con tecnología de red de sensores	50

29	Proyectos que contribuyen a mejoras de normativas para el control de los niveles de la calidad del aire al interior de un Hospital	51
30	Estructura de una red de sensores	56
31	Esquema de funcionamiento	56
32	Menú opción preferencias par instalación de NodeMCU	57
33	Menú opción / herramientas / gestor de tarjetas	58
34	Menú opción / herramientas / placas	59
35	Nodo sensor elaborado en Fritzinig	59
36	Diseño de red de sensores	60
37	Componentes de nodos sensor I y II	61
38	Prototipo nodo sensor armado	62
39	Esquema de conexión placa pvc nodos sensor	63
40	Código de programación arduino ide	63
41	Código de programación 2 arduino ide	64
42	Configuración de nodos Thinger.	65
43	Creación de ID y credenciales Thinger.io	65
44	IOT Thinger.io	66
45	Creación del dashboard Thinger.io	67
46	Pruebas de conexión Thinger.io	68
47	Pruebas de conexión nodo sensor transmitiendo	68
48	Carta de autorización Hospital Básico Durán	73
49	Reunión con responsable del área de TIC	77
50	Reunión con responsable del área de estadística	77
51	Entrevista con el Medico	80
52	Entrevista al experto tecnológico	82
53	Área de laboratorio Hospital Básico Durán	82
54	Pruebas de funcionamiento área de laboratorio	83
55	Pruebas de funcionamiento área de laboratorio	83
56	Pruebas de funcionamiento área de triaje Hospital Básico Durán	84
57	Pruebas de funcionamiento en área de triaje	84
58	Pruebas de funcionamiento en área de triaje	85
59	Pruebas de funcionamiento del prototipo	85





**ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN (ESPAÑOL)  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



---

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO  
DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES INTERIORES DEL HOSPITAL  
BÁSICO DURÁN”**

**Autor:** Hernández Quintón Juan Orlando

**Tutor:** Ing. Telecom. Veintimilla Andrade Miguel Ángel, MG.

**Resumen**

Se realizó este proyecto de titulación con el propósito de presentar el diseño de un prototipo de red de sensores inalámbricos (WSN) con el objetivo de medir y monitorear los niveles de la calidad del aire en los ambientes interiores del Hospital Básico Durán, para lo cual se usó técnicas de investigación como la encuesta en la cual participaron 371 personas entre personal Médico, administrativo y pacientes en general, y la entrevista la cual se realizó a expertos en áreas de Tecnología de la Universidad de Guayaquil y Médica de dicha casa de Salud. El prototipo estará formado por una serie de nodos sensores que se conectan por medio del microcontrolador NodeMCU a la plataforma IOT thinger.io los mismos que realizaron lecturas de distintos agentes de riesgo en el centro hospitalario para posterior visualizar los datos en tiempo real en forma de gráfica, alertando en caso de detectarse una concentración alta de gases contaminantes. Para el levantamiento del sistema se utilizó el estándar Wi-Fi 802.11 b/g/n junto a las herramientas de código abierto en arduino IDE obteniendo así datos reales y de acuerdo a ello se puedan tomar las acciones correctivas respecto los tipos de contaminante que puedan causar desde rinitis hasta neumonías complicadas o severas.

**Palabras Claves:** WSN, NodeMCU, Wi-Fi, IOT



**ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN (INGLÉS)  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



---

**“DESIGN OF A SENSOR NETWORK PROTOTYPE FOR MONITORING AIR  
QUALITY IN INTERIOR ENVIRONMENTS OF HOSPITAL BÁSICO DURÁN.”**

**Author:** Hernández Quintón Juan Orlando

**Advisor:** Ing. Telecom. Veintimilla Andrade Miguel Ángel, MG.

**Abstract**

This titling project was carried out with the purpose of presenting the design of a wireless sensor network (WSN) prototype with the objective of measuring and monitoring the levels of air quality in the interior environments of the Durán Basic Hospital, for which Research techniques were used such as the survey in which 371 people participated, including medical and administrative personnel and patients in general, and the interview which was conducted with experts in areas of Technology from the University of Guayaquil and Medical from said Health House. The prototype will be made up of a series of sensor nodes that are connected by means of the NodeMCU microcontroller to the IOT thinger.io platform, the same ones that made readings of different risk agents in the hospital center to later visualize the data in real time in graphic form. , alerting if a high concentration of polluting gases is detected. For the survey of the system, the Wi-Fi 802.11 b/g/n standard was used together with the open-source tools in Arduino IDE, thus obtaining real data and, accordingly, corrective actions can be taken regarding the types of contaminants that may cause from rhinitis to complicated or severe pneumonia.

**Keywords:** WSN, NodeMCU, Wi-Fi, IOT

## **Introducción.**

“El aire es de vital importancia para el ser humano. En virtud de ello, el mismo debe ser de buena calidad, sin contaminantes ni gases tóxicos. Una mala calidad del aire puede tener efectos perjudiciales en la salud de las personas a corto, mediano y largo plazo”. (Párraga, 2020).

Actualmente, uno de los retos principales que nos enfrentamos hoy como sociedad es el problema climático, las formas de combatirlo consiste en poner medidas y sistemas que ayuden a reducir la huella de carbono producida por todos los sectores y, entre ellos el sector sanitario.

Los problemas de salud pública, se generan por diferentes causas y una es precisamente falta de control por medios automatizados que puedan dar lectura de la situación de la calidad del aire interior. La calidad del aire interior de los espacios que habita el ser humano, ha sido materia de estudios desde diversos enfoques antropocentrista, toma como universo a la relación del entorno con respecto al hombre, quien hace un uso irracional del entorno, degradándolo, aquí interviene el enfoque eco centrista que, al ver amenazada la supervivencia de la especie humana, que arrastra a los demás ecosistemas, incide en brindar una mirada al hábitat humano: las edificaciones que lo albergan.

Existen diferentes contaminantes físicos, químicos y biológicos pueden alterar la calidad del aire de los espacios interiores, tanto los factores ambientales como la presencia de polución del aire en ambientes interiores pueden llegar a causar importantes daños en los edificios, y pudiendo ser incluso nocivos para la salud humana.

“Como hemos comentado anteriormente, existen otros factores ambientales que pueden afectar sustancialmente al deterioro de los BIC (bien de interés contaminado) como la polución ambiental. La unión de condiciones climáticas desfavorables y elevada polución ambiental, puede afectar muy negativamente al patrimonio, causando las llamadas lluvias “ácidas”, aumentando la deposición de la polución sobre los materiales constitutivos de las obras de arte pudiendo producir oscurecimiento, corrosiones y bio-colonización.” (Bosch, Díaz y Vivo, 2020)

## **Capítulo I**

### **El problema**

#### **1.1. Ubicación del problema en un contexto**

“La OMS indica que la población de las ciudades se encuentra entre el 80% a 90% en lugares cerrados, donde el aire está contaminado en mayor o menor grado, lo que provoca graves problemas para la salud.” (Blanco, Morales, y Garcia, 2010)

La contaminación del aire es un enemigo silencioso, en niveles bajos o medios es casi imperceptible, por tanto, es muy importante la monitorización de los contaminantes.

“Cada año, cientos de millones de personas sufren de enfermedades respiratorias y otras asociadas con la contaminación del aire, tanto en ambientes interiores como exteriores.” (Boldero, 2016).

“Se calcula que, en los países más desarrollados, la huella de carbono producida por los sistemas sanitarios está entre el 3 y el 10% del total de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI). Dentro del sector sanitario, los hospitales son los principales contribuyentes de GEI produciendo hasta un 50% de los mismos.” (Hospitecnia, 2020)

Actualmente en Ecuador hay muy poco control de las autoridades del sistema sanitario y de los organismos de normalización. “El análisis de la calidad del aire y las condiciones ambientales en ambientes interiores ha sido un tema muy relevante en los últimos años, ya que las personas pasan aproximadamente el 80% del día en edificios, casas, aulas, oficinas, etc. En el momento actual por la pandemia que se vive las personas pasan más en lugares cerrados ya sea por causa de la enfermedad, trabajo o por cuidado personal en adultos mayores o vulnerables, donde tienen el riesgo de factores contaminantes que provocan enfermedades de índole respiratorio”. (O.M.S., 2021a)

En Ecuador existen miles de personas cada año que enfrentan enfermedades respiratorias y otras por la contaminación del aire en lugares internos y externos, donde muchas veces el ambiente en los lugares cerrados está más contaminado que el aire exterior, en vista de que la calidad del aire en la casa, lugar de trabajo o cualquier lugar público cambia considerablemente, eso depende también de los materiales usados al construir el sitio y la manera de ventilar el lugar cerrado, ya que la mala calidad del aire puede perjudicar especialmente a los grupos vulnerables, y se conoce que más del 50% de muertes por neumonía son provocadas por partículas contaminadas inhaladas en lugares cerrados. (O.P.S., 2021)

Se trata de entornos extremadamente complejos en los que las condiciones ambientales resultan claves para muchos de los procesos que tienen lugar en su interior, por esta razón,

se calcula que más del 57% de la energía que se consume en los hospitales se debe a los sistemas HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) (Hospitecnia, 2020)

Según (Ruiz, Peñahora y Garcia, 2018). En ambientes interiores pueden encontrarse compuestos como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO) y otros óxidos de nitrógeno o compuestos de azufre. Algunos de estos gases son asfixiantes, como el CO y CO<sub>2</sub>, y otros son irritantes del tracto respiratorio. Pueden causar dolor de cabeza, falta de concentración, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y el tiempo de exposición.” Las nuevas Directrices mundiales de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la calidad del aire aportan pruebas claras del daño que la contaminación del aire inflige a la salud humana en concentraciones aún más bajas de lo que se suponía hasta ahora. (O.M.S., 2021b)

#### **1.1.1. Formulación del problema**

¿Mediante un prototipo de red de sensores inalámbricos que facilite el monitoreo dentro del Hospital Básico Durán, mejorará el control de la calidad del aire dentro de dicho establecimiento?

#### **1.1.2. Sistematización del problema**

- ¿Es posible que el prototipo la red de sensores proporcione la información necesaria para mejorar la calidad del aire al interior del Hospital?
- ¿Sin una red de sensores que mida la contaminación del aire en ambientes interiores, cómo afecta a la salud de las personas del Hospital Básico Durán?
- ¿La falta de control por medio de una red de sensores, de qué manera impacta a la calidad del aire en el interior del Hospital?
- ¿Estar expuestos niveles altos de contaminación del aire tiene consecuencias en la salud del ser humano?
- ¿Es adecuado el funcionamiento del prototipo diseñado para ser utilizado en el interior del centro Hospitalario?
- ¿De qué manera se realizará la visualización remota los datos generados por la red?

## 1.2. Justificación e importancia

En nuestras actividades diarias, en ocasiones pasamos parte de nuestro tiempo consultas médicas y laboratorios de tipo de ambiente cerrado, como es el caso de la Unidad médicas del IESS Hospital Básico en el cantón Durán, al haber alto flujo de pacientes si estos lugares no cuentan con un sistema de ventilación adecuado los contaminantes tales como bacterias, gases, hongos, etc. se acumulan en el ambiente.

“El término “calidad del aire interior” se aplica a ambientes de interiores no industriales: edificios de oficinas, edificios públicos (colegios, lugares de ocios, restaurantes, etc.) y viviendas particulares.” (Observatorio de salud y medio ambiente de Andalucía, 2011).

“En los últimos años ha cobrado especial relevancia al asociarse al término “síndrome del edificio enfermo” que comprende un amplio rango de síntomas o enfermedades que las personas que trabajan o habitan en dicho edificio atribuyen al edificio en sí.” (Morales, 2018).

Estos contaminantes, además del uso de materiales de construcción no adecuados ni recomendados, también se basan en productos químicos como: amianto, cola para alfombras o fibra de vidrio, e inclusive productos de limpieza no certificados, los que pueden causar cáncer, problemas respiratorios y alergias, respectivamente, constituyéndose en fuentes específicas de contaminación interior

De acuerdo con la (O.M.S., 2017) “la contaminación del aire es uno de los riesgos de la salud ambiental más importantes”.

Los factores ambientales de riesgo en la CAI (Calidad del Ambiente interior) pueden ser de origen físico, biológico o químico, estos pueden proceder de manera interna o externa.

Por esta razón, se pretende realizar el diseño de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo y medición de la calidad del aire en el ambiente interior de la Unidad médica del IESS Hospital Básico en el cantón Durán, con el fin de controlar no solo el nivel de concentración de gases, temperatura y humedad del ambiente sino también la calidad del aire en general. Sin embargo, las estrategias de control y medición no se pueden aplicar sin antes conocer las condiciones iniciales del ambiente, por lo que se enfatiza la importancia de establecer líneas base de condiciones ambientales y concentraciones de gases, así como las pautas necesarias para aplicar estrategias de control en trabajos futuros.

Es por esta razón que, (International Organization for Standardization, 2019) “ISO 16000-1: 2004 es aplicable a entornos de interior, tales como viviendas tienen salas de estar, dormitorios, do-it-yourself, habitaciones, salas de recreo y bodegas, cocinas y baños; salas de trabajo o lugares de trabajo en los edificios que no están sujetos a inspecciones de salud

y seguridad en lo que respecta a los contaminantes del aire (por ejemplo, oficinas, locales comerciales); edificios públicos (por ejemplo, hospitales, escuelas, guarderías, polideportivos, bibliotecas, restaurantes y bares, teatros, cines y otras salas de reuniones), y también cabinas de vehículos”.

Por otro lado (Ministerio del Ambiente, 2013). “en el país se cuenta con pocas investigaciones sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas, estos temas no han sido incluidos en los programas de desarrollo urbano y no se han llevado a cabo estudios epidemiológicos relacionados con la contaminación del aire”.

“La información sensorial puede simplificar en gran medida la identificación de los contaminantes del aire y en consecuencia influenciar en la estrategia de muestreo. Sin embargo, la adaptación sensorial afecta a la información sensorial, particularmente en el caso de contaminantes persistentes de interiores”. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2014).

Según (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2014) se debería prestar atención al papel especial del sentido del olfato humano en la identificación de sustancias o clases de sustancias en aire de interiores.

“Los diferentes tipos de estrategias aplicables para abordar los problemas de contaminación atmosférica para asegurar que las concentraciones de contaminantes se reduzcan o mantengan por debajo de un nivel específico o, en general, aceptables para la protección de la salud humana, deben conducir al establecimiento de un sistema eficiente y efectivo de reducción de emisiones y de prevención, vigilancia y control de la contaminación del aire, así como los mecanismos adecuados y suficientes para la evaluación del cumplimiento de dichos niveles”. (Ministerio del Ambiente, 2013)

Según indica (O.M.S., 2021b). “la contaminación del aire es una amenaza para la salud en todos los países, pero afecta más a los habitantes de los países de ingresos bajos y medios”

“La presencia de agentes biológicos en interiores está condicionada a la humedad y a una ventilación inadecuada. El exceso de humedad produce un crecimiento de microbios como el moho, hongos y bacterias en la mayoría de materiales interiores, que posteriormente emiten esporas, células, fragmentos y compuestos orgánicos volátiles en el aire. Por otra parte, la humedad provoca la degradación química o biológica de materiales, que también contamina el aire”. (World Health Organization, 2011)

### 1.3. Objetivos de la investigación

#### 1.3.1. Objetivo general

Diseñar una estación de monitoreo para la calidad del aire mediante la creación de un prototipo de redes de sensores inalámbricos que permita mejorar el control de la calidad del aire en espacios interiores.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis sobre el estado actual de las instalaciones de la unidad médica y su relación con la calidad del aire.
- Efectuar un estudio sobre los requerimientos de red de sensores inalámbricos.
- Diseñar la red de los nodos sensores en el área de la unidad médica
- Validar la red IOT para la recolección y presentación de los datos captados por la red de sensores.

### 1.4. Delimitación

Para el desarrollo del presente trabajo, se ha delimitado el monitoreo de la calidad el aire en el ambiente interior del Hospital Básico Durán situado en la provincia del Guayas, cantos Durán en las calles Gonzalo Aparicio s/n y Guillermo Davis, donde se implementará 2 nodos sensores en las áreas más sensibles del centro hospitalario.



*Figura 1. Hospital Básico Durán Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*



### 1.5. Hipótesis de la investigación

El desarrollo del prototipo red de sensores para el monitoreo de la calidad del aire en el ambiente interior del Hospital Básico Durán mediante el uso de las tecnologías de transmisión de datos, monitoreará la calidad del aire en ambientes interiores emitiendo alertas en caso los niveles de gases sobrepasen el rango normal.

#### 1.5.1. Operacionalización de las variables

**Tabla 1.** Operacionalización de las variables dependiente e independiente.

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida
<b>Prototipo de red de sensores para monitorear la calidad del aire interior</b>	Área de cobertura	Alcance de señal inalámbrica	Metros (m)
	Fuente de alimentación	Duración de baterías.	Horas/minutos (h/m)
		Consumo por cargador.	Kilovatios/horas (kWh)
	Red de comunicación	Tecnología Protocolo de transmisión Equipos necesarios	Bytes
<b>Nivel de gases en el ambiente</b>		Concentración de gases CO, CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .	Partes por millón (ppm)
<b>Temperatura</b>	Sistema de lectura	Temperatura ambiente	Grados Centígrados (°C)
<b>Humedad</b>		Humedad relativa	Humedad en el aire (% RH)

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

### **1.6. Alcance de la investigación**

El proyecto se centrará en diseñar un prototipo que monitoree la calidad del aire en tiempo real en el interior del Hospital Básico en el cantón Durán, realizando un estudio previo a las instalaciones de la unidad Médica y determinando las áreas donde será necesario realizar los análisis de campo, también será necesario efectuar un estudio de la red informática del Hospital comprobando su correcto funcionamiento para así proceder a realizar el diseño e instalación de la red de los nodos sensores, cada una con la capacidad de medir variables como la temperatura, la humedad y gases contaminantes en el ambiente.

La que se conectará a una plataforma principal IOT que recopilará y procesará los datos adquiridos de los sensores para que de esta forma se puedan visualizar las lecturas de la información captada por medio de la interfaz la calidad del aire para diferentes entornos de prueba.

En la red planteada no se pretende desarrollar una aplicación ni activar mecanismos que disipen el entorno contaminado, se enfoca a la lectura de los datos obtenidos para su análisis interno y correctivos futuros.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1. Marco Teórico conceptual**

En el presente capítulo se efectuará una verificación de los contaminantes principales en espacios interiores y sus enfermedades, que servirán como punto de partida para el progreso de los capítulos posteriores y los sistemas de sensado para su monitorización.

En este apartado se dejará notar estudios o análisis vinculados con el diseño e implementación de redes de sensores inalámbricos para monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores, haciendo uso de elementos como: microcontroladores, sensores, tecnologías inalámbricas utilizadas, entre otros componentes.

Mediante el análisis del material bibliográfico tales como, artículos, papers, trabajos de grado entre otros, se han hallado diversidad de investigaciones las cuales están vinculadas con estudios del diseño de redes de sensores inalámbricos (WSN), haciendo uso de tecnologías inalámbricas, sensores, microcontroladores, entre otros, aportando conceptos que den resultados y que permitan la supervisión del lugar y sus riesgos buscando evitar accidentes en el interior de este, el internet de las cosas (IOT), la red de sensores (WSN) son los campos que se han considerado como elementos que aportan al crecimiento de este trabajo.

Las actividades cotidianas se realizan alrededor del 80% en áreas interiores (casas, universidades, oficinas, hospitales, fábricas, etc.), es por esta causa que la calidad del aire que se respira puede dañar de forma directa a la salud de quienes los residen, además del mismo modo las diferentes condiciones ambientales del interior como temperatura y humedad dentro de estos lugares.

En la actualidad los ambientes interiores de las edificaciones no cuentan con algún tipo de ventilación natural porque se encuentran cerrados, la razón se da por que cuentan con acondicionadores de aire para mejorar la calidad del aire en el entorno, sin embargo, generan diferentes dificultades o enfermedades para la salud de las personas que circulan por los diferentes sitios de las instalaciones.

#### **2.2. Antecedentes de la investigación**

Según (Solis, 2020, pág. 55) se elaboró un prototipo para medir la calidad del aire (concentración de CO<sub>2</sub> y humedad) en aulas de clases en Guayaquil, donde se escogió el sensor MQ-135 considerando que cuenta con la capacidad de medir ambas variables con un

rango de detección de 300ppm a 10.000ppm, para realizar pruebas y observar el rendimiento de los estudiantes cuando los niveles sobrepasan las 1000ppm que se considera el límite permisible.

De acuerdo con (Parraga, 2020) el diseño e implementación del sistema de monitoreo de calidad del aire a través de una red de sensores inició sus pruebas de funcionamiento en las salas seleccionadas del Hospital de Niños León Becerra, por un lapso de 38 horas, este sistema colaborando a que exista el primer estudio técnico de la calidad del aire interior en el centro hospitalario. Esto ha sido factible gracias a la combinación de múltiples dispositivos, los cuales han respondido con los requerimientos técnicos en todas sus fases.

Así mismo (Narváez y Contreras, 2020, pág. 25) diseñaron un prototipo de red de sensores IOT utilizando tecnología LORA WAN para el monitoreo de los parámetros ambientales en interiores, así como exteriores, Tomando en cuenta que la calidad del aire presenta mayores problemas en las ciudades más grandes del Ecuador en especial Guayaquil, Cuenca y Quito las tres de mayor población urbana en el país, donde existen pocas investigaciones sobre la contaminación del aire en ambientes cerrados.

“En el Ecuador no se cuenta con información precisa del estado de la calidad del aire, esto se debe a que la gestión de control en ese sector es de origen reciente. La ciudad que posee información diaria y confiable sobre las emisiones de los contaminantes del aire (monóxido de carbono, dióxido de azufre, material particulado, óxidos de nitrógeno, ozono e hidrocarburos no consumidos) es Quito, debido a que posee una Red de Monitoreo Atmosférico, no obstante, en Guayaquil, Cuenca y Ambato se han realizado mediciones de estos contaminantes a partir de finales de los años 1970 hasta principios de los 1990. En Cuenca, la calidad del aire-ambiente retomó importancia a principios del año 2000 y en años posteriores se comenzaron a hacer estudios de concentraciones de contaminantes”. (Pérez, 2013, pág. 21)

Así también (Gavilanes, 2021) en su proyecto de investigación propuso estimar la calidad del aire en ambientes interiores de laboratorios químicos de la Universidad Técnica de Ambato. Se aplicó el uso de Redes Neuronales Artificiales mediante el uso de un modelo de RNA por Retropropagación, algoritmo capaz de organizar en la capa o capas intermedias, entre la entrada y la salida de la red. Con respecto a los puntos de muestreo se escogieron de acuerdo con la norma UNE 171330-2:2014. Se configuró una red en cascada con 2 capas ocultas con un entrenamiento por descenso de gradiente, con 7 épocas, dando como resultado un rendimiento del 80 por ciento. Teniendo una línea de tendencia lineal y un valor de  $R=0.99557$  con lo que se puede afirmar que las 7 épocas del entrenamiento es el número

óptimo para evitar fallos en la red. Se puede concluir que este modelo podrá ser adaptado para el pronóstico de otros contaminantes del aire ya sean químicos o material particulado con buena precisión y de forma sencilla.

(Castillo y Cañon, 2019), en su trabajo de titulación desarrollaron un prototipo de bajo costo para el monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores empleando IOT y WSN, realizando pruebas en los edificios de la Universidad Piloto de Colombia en la ciudad de Bogotá, haciendo uso de la plataforma Thinger.io y empleando la tarjeta de desarrollo Nodemcu-ESP-12e con un módulo wifi integrado lo que es idóneo para la conexión de los nodos con sensores como el MQ-4 y MQ-135 corresponde a la opción más adecuada para uso de este tipo de proyectos debido a su accesible costo, su compacto diseño y la facilidad de trabajar con lenguaje Arduino.

Actualmente, en el Perú, se han realizado iniciativas por parte del sector privado y Organismos no Gubernamentales (ONGs), para conocer los límites máximos permisibles (LMPs) de los materiales de construcción, en el sentido de conseguir la lista “negra” de aquellos que producen mayores impactos en la salud humana. (Figueroa, Moran, y Yábar, 2017, págs. 33, 34)

Así también (Figueroa, Moran, y Yábar, 2017, págs. 41), en su artículo Calidad del aire interior en el síndrome del edificio enfermo, ciudad de Trujillo detallan, la calidad del aire en los espacios interiores que las personas habitan ha sido materia de estudio en distintas perspectivas, al ver amenazada la salud en los edificios, y lugares cerrados que los alberga. Se imputa a la presencia de CO<sub>2</sub> en el aire interior de un ambiente, el mayor o menor incremento de niveles este gas afecta a la pureza del aire, sobrepasando límites máximos permisibles.

Finalmente (Bosch, Díaz, y Vivo, 2020) en su artículo han llevado a cabo una investigación orientada a la importancia de una monitorización integral sistemática de la calidad ambiental de un bien patrimonial, considerando como parámetros: temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, iluminación (UVA), materia particulada y bioaerosoles. Se obtuvieron los resultados comparativos preliminares del estudio realizado en 2009 y diez años después (2019) en la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia que se enmarcan en los estudios previos para su próxima restauración. Llegando a la conclusión de incluir dentro de las actuaciones de restauración de la iglesia de los Santos Juanes, así como de cualquier BIC, protocolos integrales de monitorización que permitan una correcta “conservación preventiva y programada”, que dirija la acción al microambiente.

## 2.3. Fundamentación teórica

En esta parte del capítulo se efectuará un detalle de la idea presentada, así como de cada uno de los componentes que forman parte de manera directa o indirecta, que darán paso al desarrollo final de la investigación.

### 2.3.1. Riesgos para la salud de la mala calidad del aire

En la actualidad se habla de las consecuencias, y enfermedades respiratorias que se pueden contraer por una mala calidad del aire interior... Organismos nacionales e internacionales velan por que todos los espacios interiores estén correctamente adaptados para ofrecer las máximas garantías de salubridad, en los que una parte importantísima es el aire que respiramos. (Soler y Palau, 2020)

#### 2.3.1.1. Causas de la mala calidad del aire interior

Según (Soler y Palau, 2020) La primera forma de empezar a solucionar un problema es identificarlo. Por lo tanto, ¿cuáles son los riesgos para la salud de una mala calidad el aire interior? la contaminación del aire interior puede tener diferentes orígenes:

- Los propios ocupantes.
- Los materiales inadecuados, o con defectos técnicos, utilizados en la construcción del edificio.
- El trabajo o actividad que se desarrolle en el interior del edificio.
- El uso excesivo o inadecuado de determinados productos como plaguicidas, desinfectantes, productos de limpieza y encerado.
- Los gases de combustión, que pueden provenir, por ejemplo, del tabaco, de las cocinas, o de laboratorios.
- Los contaminantes procedentes de zonas mal ventiladas o del exterior.

Es por eso que (Soler y Palau, 2020), indica que la calidad del aire interior depende de muchas variables, entre las que se encuentran: la propia calidad del aire exterior, el diseño del sistema de ventilación y su estado de mantenimiento, la división en compartimentos del edificio; así, como las fuentes interiores de contaminación y su magnitud. la calidad del aire, señala tres grupos de factores que condicionan la salubridad del aire en interiores.

**Tabla 2.** “Factores en la guía de calidad de aire interior de la OMS”

Factores que se incluirán en la guía de calidad de aire interior de la OMS	
<b>Grupo A</b>	▪ Formaldehído

<b>Contaminantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Benceno</li> <li>▪ Naftaleno</li> <li>▪ Dióxido de nitrógeno</li> <li>▪ Monóxido de carbono</li> <li>▪ Radón</li> <li>▪ Partículas</li> <li>▪ Compuestos halogenados</li> <li>▪ Hidrocarburos aromáticos policíclicos, benzo-a-pireno</li> </ul>
<b>Grupo B Agentes biológicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Humedad y hongos</li> <li>▪ Ventilación natural</li> <li>▪ Ventilación mecánica/forzada</li> <li>▪ Alérgenos de ácaros</li> <li>▪ Alérgenos de mascotas</li> </ul>
<b>Grupo C Combustiones interiores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ventilación de estufas</li> <li>▪ Chimeneas / Campanas</li> <li>▪ Tipo de combustible: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ sólido</li> <li>✓ sólido procesado</li> <li>✓ líquido</li> <li>✓ gas</li> <li>✓ electricidad</li> </ul> </li> </ul>

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

La (O.M.S., 2021b) está elaborando una guía de Calidad de Aire interior. La siguiente tabla recoge los factores que influyen y que se tendrán en cuenta en dicha guía:

### **2.3.1.2. Evidencia científica de daños a la salud**

Para la elaboración de este informe se llevaron a cabo búsquedas bibliográficas en Pubmed, usando los descriptores MESH correspondientes a “contaminación del aire interior”, “efectos en salud” y a cada uno de los principales contaminantes del aire interior identificados por la Organización Mundial de la Salud (recogidos más adelante). También se revisaron informes y libros de organismos internacionales (Organización Mundial de la Salud) y se revisaron las bibliografías de las revisiones y metanálisis encontrados. El ámbito temporal se limitó a los últimos 10 años y del ámbito geográfico se excluyeron los estudios llevados a cabo en países en vías de desarrollo, al presentar éstos una casuística especial por el uso de combustibles fósiles sólidos y madera en el interior de las viviendas para calefacción y cocina, diferente a la que encontramos en países desarrollados.

**Tabla 3.** “Clasificación de contaminantes del aire interior”.

#### **Clasificación de contaminantes del aire interior**

<b>Inorgánicos</b>	Monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas, fibras minerales, ozono, óxidos de azufre
<b>Orgánicos</b>	Compuestos orgánicos volátiles (COVs)
<b>Contaminantes de origen biológico</b>	Virus, hongos, bacterias, ácaros, pelo y caspa de mascotas
<b>Mezclas</b>	Humo ambiental de tabaco, plaguicidas, ambientadores, desinfectantes y otros productos de uso doméstico
<b>Alérgenos</b>	Hongos, mohos, ácaros del polvo, caspa y pelo de mascotas, cucarachas, plantas

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

### **2.3.2. Redes inalámbricas**

Las redes inalámbricas hacen uso de ondas electromagnéticas para interconectar máquinas sin la obligación de requerir algún tipo de cableado, uno de sus importantes usos es la conexión de nodos o remplazar las redes cableadas mediante la utilización de estándares compatibles. Su elaboración puede realizarse con una mínima inversión a diferencia de las redes por cable, de las ventajas importantes que ofrece esta tecnología es de conectar dispositivos remotos a metros o largas distancia dependiendo del tipo de red y estándar, esto hace que se opte más por este tipo de red volviéndose más conocida en comparación a la red cableada tradicional.

Las redes inalámbricas no implican el uso de cables ópticos, cables de par trenzado ni ningún cable para transportar la información, se utilizan ondas electromagnéticas, las cuales transportan la información utilizando varias técnicas de modulación. (Soto, 2022)

### **2.3.3. Tecnologías de datos inalámbricas**

Las tecnologías inalámbricas o redes inalámbricas son las permiten, facilitan o hacen posible la comunicación entre dos o más estaciones de trabajo que se encuentran en distintos lugares. (ordenadores o PC, Smartphone, Tv, etc.) separadas a una distancia e incluso en movimiento, esto se debe a que no necesitan de un medio físico de interconexión, sin uso de cables de ningún tipo ni otros medios físicos que conecten a los distintos equipos de trabajo para entablar comunicación. A continuación, describiremos las más comunes y populares:



### **2.3.3.1. Bluetooth**

En principio creada para ser usada en redes inalámbricas de área personal (WPAN), posibilita la transmisión de voz y datos entre dispositivos diferentes haciendo uso de la Banda ISM de los 2.4 GHz.

En un inicio Bluetooth vio su uso limitado a la transmisión de imágenes de un dispositivo (principalmente celulares) a otro, sin embargo, hoy en día su uso tiene una infinidad de posibilidades en muchas actividades cotidianas como el control remoto de dispositivos, localización, en teclados y mouses inalámbricos, entre otros.

A lo largo del tiempo esta tecnología ha ido evolucionando y hoy en día se cuenta con bluetooth 5.2 que es una actualización que mejora aspectos de localización y audio de la versión 5.0, la cual se introdujo con un enfoque especial en el IOT. La versión 5.0 de bluetooth cuenta con una velocidad de transmisión de 50 Mbps con un alcance de hasta 240m y que en su versión clásica cuenta con 79 canales de 1 MHz.



*Figura 2. Tecnología inalámbrica bluetooth. Información tomada de <https://www.bluetooth.com>. Elaborada por: Hernández Quinton Juan Orlando.*

### **2.3.3.2. ZigBee**

Se trata de un conjunto de protocolos de alto nivel basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes WPAN, En el sitio oficial de (Connectivity standards alliance, 2022), se afirma que ZigBee es una solución completa para el IOT dado que ofrece una gran variedad de opciones además de brindar flexibilidad a desarrolladores y usuarios.



Figura 3. Tecnología inalámbrica Zigbee. Información tomada de <https://csa-iot.org/es/todas-las-soluciones/ZigBee/>. Elaborada por: Hernández Quinton Juan Orlando.

ZigBee opera en la Banda ISM de los 2.4 GHz y ofrece una tecnología de transmisión de menor consumo que bluetooth, además de contar un mayor número de nodos (65535), pero al contrario que este último, ZigBee transmite 250kbps frente a los 3000 de bluetooth.

### 2.3.3.3. Wifi

Se trata de la tecnología que permite la conexión a internet, en la actualidad se pueden encontrar redes Wifi en todos lados, desde el lugar de trabajo, hogar o centro de estudios, hasta en tiendas o locales con redes wifi-libres.



Figura 4. Tecnología inalámbrica WiFi. Información tomada de <https://topnet.pe/que-es-wi-fi/>. Elaborada por el autor.

Nacida a partir de la alianza de varias empresas con la finalidad de establecer un mecanismo de conexión inalámbrica compatible con varios dispositivos y redes, está basada en el estándar 802.11 y cuenta con frecuencias de 2.4 GHz y 5 GHz, siendo esta en la cual se ha trabajado más en los últimos años, a pesar de esto las redes de 2.4 GHz siguen siendo utilizadas por una gran cantidad de dispositivos y redes, las principales características técnicas de algunos de los estándares wifi.

#### 2.3.3.4. Estándar IEEE

Los estándares Wi-Fi han experimentado una evolución muy interesante con el paso de los años, dicha evolución hizo posible la llegada de numerosas mejoras que se tradujeron en avances tan importantes como un mayor alcance, un rendimiento superior, una estabilidad mejorada y un funcionamiento óptimo trabajando en entornos multidispositivo (Ros, 2021)

TABLE 1: IEEE 802.11 COMMON WIFI STANDARDS BREAKDOWN							
Standard	Frequency Band	Bandwidth	Modulation Scheme	Channel Arch.	Maximum Data Rate	Range	Max Transmit Power
802.11	2.4 GHz	20 MHz	BPSK to 256-QAM	DSSS, FHSS	2 Mbps	20 m	100 mW
b	2.4 GHz	21 MHz	BPSK to 256-QAM	CCK, DSSS	11 Mbps	35 m	100 mW
a	5 GHz	22 MHz	BPSK to 256-QAM	OFDM	54 Mbps	35 m	100 mW
g	2.4 GHz	23 MHz	BPSK to 256-QAM	DSSS, OFDM	54 Mbps	70 m	100 mW
n	2.4 GHz, 5 GHz	24 MHz and 40 MHz	BPSK to 256-QAM	OFDM	600 Mbps	70 m	100 mW
ac	5 GHz	20, 40, 80, 80+80=160 MHz	BPSK to 256-QAM	OFDM	6.93 Gbps	35 m	160 mW
ad	60 GHz	2.16 GHz	BPSK to 64-QAM	SC, OFDM	6.76 Gbps	10 m	10 mW
af	54-790 MHz	6, 7, and 8 MHz	BPSK to 256-QAM	SC, OFDM	26.7 Mbps	>1km ?	100 mW
ah	900 MHz	1, 2, 4, 8, and 16 MHz	BPSK to 256-QAM	SC, OFDM	40 Mbps	1 km	100 mW

Figura 5. Características de los estándares IEEE 802.11 más comunes. Información tomada de [blog.telecom.pucp.edu.pe](http://blog.telecom.pucp.edu.pe) . Elaborado por el autor.

#### 2.3.4. Redes de sensores Inalámbricos

Una Red de Sensores Inalámbrica es un conjunto de elementos independientes interconectados de forma inalámbrica que obtienen información del entorno por medio de sensores y la retransmiten mediante la red hasta un servidor, que se encarga de registrar dicha información para la toma de decisiones con el fin de cumplir con una aplicación en específico. (Díaz, 2017).

Las WSN son redes de sensores inalámbricos que permite una gran cantidad de nodos con escasez de recursos de pequeña o gran escala, estas realizan una comunicación de sensado por medio de canales de comunicación reducidos, son de bajo costos de diseño y consumo, pero con una tecnología razonablemente novedosa. (Guaña, DISEÑO DE UNA

## RED DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN) PARA MONITOREAR PARÁMETROS RELACIONAS CON LA AGRICULTURA, 2016).

Las redes de sensores inalámbricos Wireless Sensor Network (por sus siglas en inglés WSN) son cada vez más populares, de manera especial en aplicaciones que requieren un control continuo de diversas variables del entorno, en las que el uso de sensores tradicionales es inviable. Su fama se debe esencialmente a los bajos costos de instalación y mantenimiento, la alta permisividad y escalabilidad en la demostración que brinda la tecnología. Son redes formadas por varios dispositivos dotados con sensores que contribuyen eficientemente para realizar una tarea común. Estos dispositivos, conocidos como nodos sensores, son unidades que receptan datos químicos, ópticos, mecánicos, térmicos, biológicos y magnéticos entre otros, lo transforman y luego lo mandan a un nodo sumidero que transmite los datos a un puente (Gateway) conectado a Internet. (Romero, Artigas, & Anías, 2020)

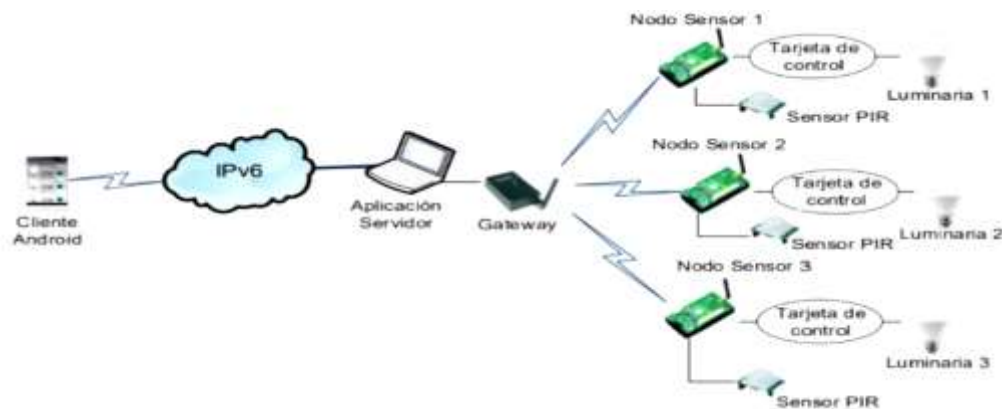
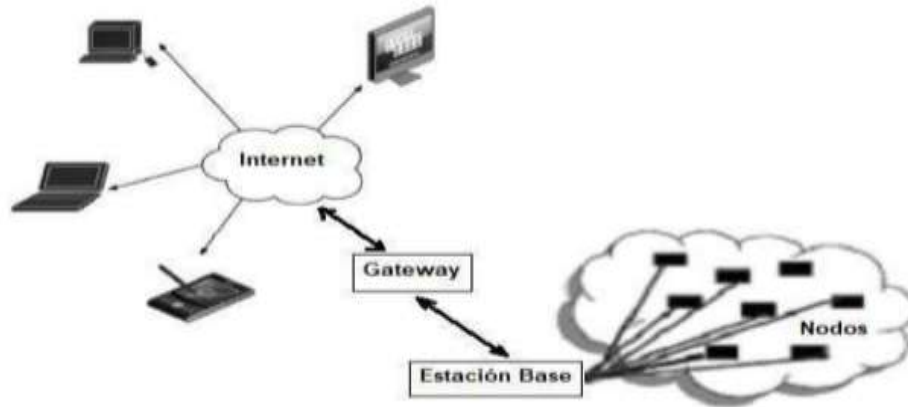


Figura 6. Esquema de red se sensores inalámbricos (WSN). Información tomada de ingenieria.ute.edu.ec. Elaborada por: Egas, C., Viracocha, D., & Rivera, J.

“Las redes de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Networks, WSN) son redes inalámbricas formadas por dispositivos autónomos distribuidos espacialmente que utilizan sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales. Un sistema WSN incorpora un Zigbee, éstas pueden ser soslayadas en algunas aplicaciones prácticas donde el consumo de energía no sea un factor crítico o la cantidad de sensores sea baja. También habrá que tener en cuenta las distancias entre nodos, ya que uno de los fuertes de Zigbee es el alcance. Gateway que provee conectividad inalámbrica con los nodos distribuidos haciendo de interfaz con una estación base recolectora de datos, normalmente conectada a una red TCP/IP”. (Rapallini, Rodriguez, Zabaljauregui, y Mazzeo, 2018)

Las comunicaciones inalámbricas han cumplido un papel muy importante en el avance de la sociedad, y han venido siendo utilizadas en diferentes áreas como en el monitoreo de ambientes hostiles donde se desea la mínima interacción de personas o factores externos, la gama de aplicaciones de una red de sensores inalámbricos es amplia contribuyen de forma potencial en la industria, medicina, ciencia, seguridad, permitiendo un monitoreo económico, continuo y en tiempo real.( Muñoz, Toquica, y Padilla, 2018)



*Figura 7. Topología estrella. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

“Se conoce como WSN a un sistema de sensores inalámbricos, una red con múltiples dispositivos repartidos espacialmente, que manejan sensores para examinar varias condiciones en distintos sitios, algunas de ellas son la temperatura, los contaminantes, el sonido, la vibración, la presión y el movimiento. Los dispositivos son unidades autosuficientes que constan de un microcontrolador, una fuente de energía (por lo general una batería), un radio transceptor y un elemento sensor”. (Clemotte y Vargas, 2014)

“Las redes de sensores inalámbricos se caracterizan por ser redes desatendidas y sin infraestructura física preestablecida. Generalmente operan en entornos muy dinámicos y críticos: los nodos se distribuyen en un área geográfica determinada, donde el acceso físico no siempre es posible, o se suelen implementar en gran escala. Por lo tanto, el mantenimiento de la red para la reconfiguración, la recuperación de fallas o los problemas técnicos se vuelven poco prácticos”. (Romero, Artigas, y Anías, 2020)



Figura 8. Estructura de una red de sensores inalámbricos (WSN). Información tomada de [redesdesensoreswsn.blogspot.com](http://redesdesensoreswsn.blogspot.com). Elaborado por Montes Arráiz José y Geraldo Alfredo.

### 2.3.5. Ventajas de las Redes Inalámbricas

Con frecuencia utilizamos una red inalámbrica, incluso en los teléfonos móviles, las tabletas, los computadores portátiles, entre otros, todos son dispositivos de red inalámbrica. La red inalámbrica es muy popular en todo el mundo y su uso aumenta día a día, la tecnología de redes inalámbricas es eficiente y también es rentable. (Soto, 2022)

#### 2.3.5.1. Flexibilidad

Dentro de la zona de cobertura de la red inalámbrica los nodos se podrán comunicar y no estarán atados a un cable para poder estar comunicados por el mundo, Por ejemplo, para hacer esta presentación se podría haber colgado la presentación de la web y haber traído simplemente el portátil y abrirla desde Internet incluso aunque la oficina en la que estuviésemos no tuviese.

#### 2.3.5.2. Poca planificación

Con respecto a las redes cableadas. Antes de cablear un edificio o unas oficinas se debe pensar mucho sobre la distribución física de las máquinas, mientras que con una red inalámbrica sólo nos tenemos que preocupar de que el edificio o las oficinas queden dentro del ámbito de cobertura de la red.

#### 2.3.5.3. Diseño

Las placas de desarrollo son de tamaño compacto y pueden integrarse dentro de un dispositivo y llevarlo en un bolsillo, etc.

### 2.3.6. Características de las redes inalámbricas de sensores.

A continuación, se detallan las características más importantes de las WSN:

- Los procesos de censado y de comunicaciones agotan rápido la batería por su consumo alto de energía. En diferentes situaciones es complicado el acceso a lugares donde se colocan los nodos para sustituir las baterías, por tal manera, los investigadores se han centrado en crear dispositivos optimizados para un bajo consumo de energía en técnicas de encaminamiento y protocolos de capa enlace, entre otros.
- Comúnmente los nodos son pequeños, para lograr colocarlos en áreas de observación sin que interfieran con el entorno.
- Además de la aplicación de censado en su respectiva área de cobertura, los nodos tienen la función de encaminadores para que la señal de cualquier nodo pueda llegar al centro de procesamiento de datos (nodo sumidero).
- Los nodos trabajan en conjunto. Al formar la red, cada nodo localiza a los nodos que están en su área de cobertura de comunicación, para que luego puedan servir de puente en el camino que deben seguir las señales que se remitan al nodo sumidero. Cuando un nodo no funciona por distintas circunstancias (condiciones ambientales, descarga de la batería, avería de hardware, entre otros) y forma parte de la ruta de encaminamiento, la red debe reconfigurar su topología lógica para permitir otra ruta entre los nodos sensores y el nodo sumidero.
- Estas redes tienen la capacidad de crecer en números de nodos en forma exponencial, dependiendo de la situación del área del fenómeno a monitorizar lo requiere y el área de observación lo permite.
- Las redes de sensores inalámbricas (WSN) son un tipo de red inalámbrica Ad-Hoc, con la peculiaridad de que su objetivo esencial es permitir su comunicación de manera inalámbrica o sin cables y facilitar que la información censada por cada nodo se pueda remitir a un lugar externo para su procesamiento y análisis. En este tipo de redes las tecnologías de comunicación más empleadas son Zigbee y Bluetooth; en algunos casos Wi-Fi.

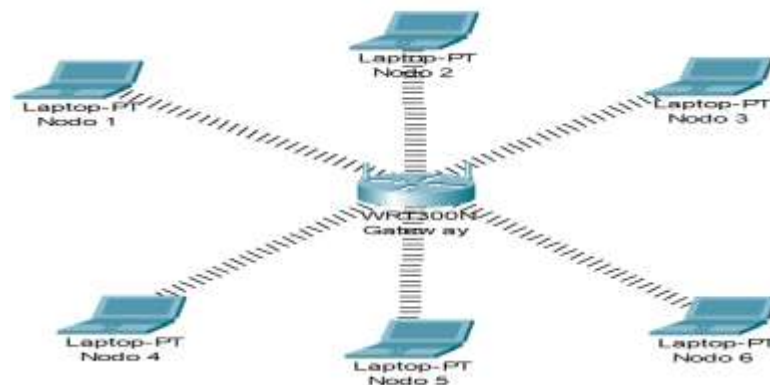


### 2.3.7. Topología de redes

La topología de una red es la distribución física o lógica que es utilizada para la comunicación entre los diferentes nodos para el intercambio de datos, donde interviene un nodo principal y varios nodos secundarios, estos eligen la ruta más óptima para la transmisión y habitualmente operan de manera subordinada. (Guaña, 2016)

#### 2.3.7.1. Topología estrella

Como se observa en la figura 2 esta topología se tiene a los nodos sensores conectados de manera directa al nodo coordinador permitiendo una interacción individual con el gateway, esto genera una carga de red. El rendimiento de esta red depende del tamaño, debido a que si existe mayor cantidad de sensores se tendrá un mayor tráfico, (Ortiz, 2020).

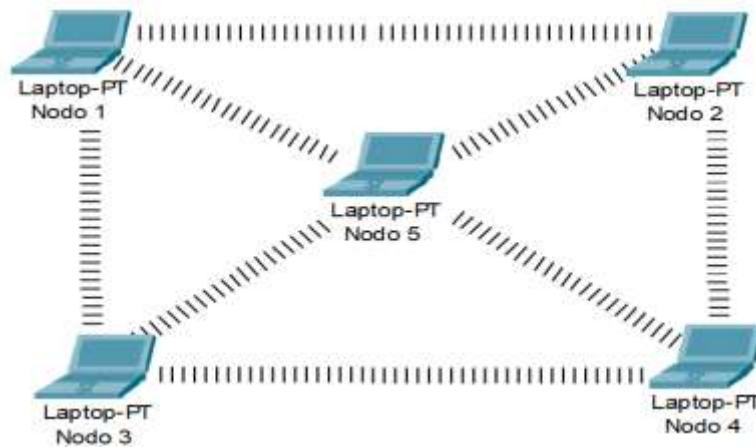


*Figura 9. Topología Estrella. Información tomada de investigación directa. Elaborada por: Hernández Quinton Juan Orlando.*

#### 2.3.7.2. Topología malla

También llamada red Mesh, permite una conexión variada entre nodos haciendo posible la transmisión de datos de un nodo a otro como se observa en la figura 3, eligiendo la ruta más óptima para su envío y recepción. Cuando algún nodo no esté en funcionamiento, la red encontrará un camino diferente para su comunicación sin que se vea afectada, (Ortiz, 2020)

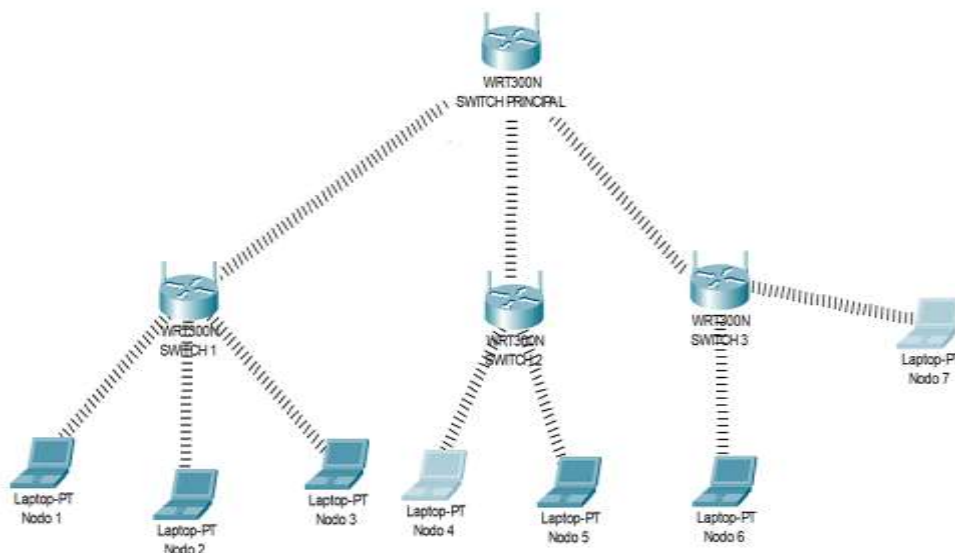




*Figura 10. Topología malla. Información tomada de investigación directa. Elaborada por: Hernández Quinton Juan Orlando.*

### **2.3.7.3. Topología árbol**

En esta topología se hace uso de varias redes estrella, donde estarán enlazadas a un nodo troncal o coordinador. La comunicación se da desde los dispositivos terminales hacia los nodos de mayor jerarquía hasta llegar al nodo coordinador y posterior al gateway como se puede observar en la figura 4. La caída de un nodo no afecta al funcionamiento de la red, (Ortiz, 2020).



*Figura 11. Topología árbol. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

### **2.3.8.Arquitectura**

Las redes WSN cuentan con una arquitectura que esta formado por un grupo de equipos de transmisión, programas, protocolos de comunicación y una infraestructura radioeléctrica, ubicados de manera estratégica en una zona determinada para el control y monitoreo de un fenómeno físico que posibilita la conexión y transmisión de datos, a través de la red, de esta forma se logra compartir información de manera fiable y eficiente. Se dividen en diferentes niveles dependiendo del propósito final de la red.

### **2.3.9.Nivel físico**

Son los elementos de la red encargados de la lectura de datos por medio de sensores que detectan eventos físicos y lo convierten en señales eléctricas. Constituidos por sensores, microcontrolador, módulos de transmisión inalámbrica y una fuente de alimentación independiente, (Parreño y Solís, 2019)

### **2.3.10. Tipos de sensores**

En la variedad de sensores que existen, cada uno funciona de una manera diferente. Algunos sensores funcionan por absorción, que produce reacciones químicas dentro de un calentador que contiene cuando se pone en contacto con algún gas; mientras que otros funcionan por infrarrojo (Torres, 2020).

Algunos de los tipos de sensores de gas se observan en la figura 5 y son los siguientes.

- Sensores semiconductores.
- Sensores ultrasónicos.
- Sensores catalíticos.
- Sensores electroquímicos.

### **2.3.11. Sensor de calidad de aire**

Los sensores de calidad del aire son dispositivos que detectan y miden químicos y contaminantes específicos en el aire, estos dispositivos pueden tener muchos casos de uso como monitorear la calidad del aire interior, la calidad del aire exterior o los sensores portátiles que se pueden mover con frecuencia.

Podemos hablar de sensores de la calidad del aire en exterior y en el interior, tradicionalmente los contaminantes del exterior se medían con estaciones de medición fijas.

Normalmente eran y siguen siendo muchas casetas situadas en los puntos de la ciudad donde se quiere calcular su concentración.

Añadir sensores de calidad del aire y monitorearlo en edificios inteligentes, oficinas, y todo tipo de centros, nos ayuda a conocer si tenemos que tomar medidas como una ventilación más frecuente. Hay multitud de espacios donde es realmente necesario tener un control del estado del aire por la afluencia de gente y requerimientos, como son hospitales, centros de salud, centros educativos y guarderías, edificios de administración o museos, por ejemplo. (Solectroshop, 2021)

Sin embargo, gracias a las nuevas tecnologías en IoT (la Internet de las Cosas), se han desarrollado una gran cantidad de sensores que miden la concentración de contaminantes en el aire. Aunque estos sensores no ofrecen resultados tan fiables como las estaciones de medición fijas aportan información suficientemente válida para que las administraciones hagan uso de los datos obtenidos en consecuencia.

#### ***2.3.11.1. Sensor de calidad de aire ZPHS01B***

Es un módulo de calidad del aire todo-en-uno, que integra sensor de polvo láser, sensor de dióxido de carbono infrarrojo, sensor de formaldehído electroquímico, sensor de ozono electroquímico, sensor de monóxido de carbono electroquímico, sensor de COV, sensor de NO<sub>2</sub> y sensor de temperatura y humedad. Puede medir con precisión la concentración de varios gases en el aire, con la interfaz de comunicación UART (nivel TTL). Un multi-sensor profesional, que engloba los principales detectores de gases para el monitoreo de la calidad del aire con un sólo módulo.



*Figura 12. Sensor de la calidad del aire ZPHS01B. Información tomada [www.solectroshop.com](http://www.solectroshop.com). Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

#### ***2.3.11.2. Sensor de calidad de aire MQ-135***

Este sensor de control de calidad de aire es usado para la detección de contaminación en el medio ambiente, por lo general es implementado en circuitos de control como alarmas en

las casas, sitios donde se desea prevenir altos niveles de contaminación a nivel aeróbico como industrias que manejan compuestos químicos que pueden ser nocivos también para la salud, especialmente en equipos controladores de calidad de aire en edificios/oficinas. (Naylamp Mechatronics, 2022)



*Figura 13. Sensor de la calidad del aire MQ-135. Información tomada [www.roboticatecnociencia.cl](http://www.roboticatecnociencia.cl) Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

Este sensor se encarga de la detección de concentración de gas en diversos porcentajes, tal y como lo son sus análogos MQ-3/4/5. La señal de salida que proporciona el MQ-135 es dual, de carácter analógico y digital. Respecto a la señal analógica proporcionada, esta viene a ser directamente proporcional al incremento de voltaje. La señal digital, esta presenta niveles TTL por lo que esta señal puede ser procesada por un microcontrolador. (Naylamp Mechatronics, 2022)

#### **2.3.11.3. Sensor MQ-7 gas CO monóxido de carbono**

El aire. El sensor MQ-7 permite medir gas de Monóxido de Carbono (CO), ideal para detectar concentraciones de dañinas de CO en el aire y así evitar sus daños en la salud. El sensor MQ-7 puede detectar concentraciones en el rango de 20 a 2000ppm. El módulo posee una salida analógica que proviene del divisor de voltaje que forma el sensor y una resistencia de carga. También posee una salida digital regulable por un potenciómetro, esta salida tiene un led indicador. (Solectro, 2022)



*Figura 14. Sensor MQ-7. Información tomada [www.solectroshop.com](http://www.solectroshop.com). Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

Este sensor MQ-7 es mas adecuado para aplicaciones que buscan encontrar concentraciones de CO en el rango de 20 ppm a 2000 ppm en el ambiente, posee una salida analógica que permite medir el cambio progresivo en la concentración de gases y una salida digital cuyo umbral de detección puede ser ajustado. Es usado con frecuencia en equipos de detección de fugas de monóxido de carbono en aplicaciones particulares.

#### **2.3.11.4. Sensor de Temperatura y Humedad**

El sensor de humedad es un aparato de lectura utilizado en espacios interiores para controlar la humedad del aire y la temperatura. Las magnitudes medidas por el sensor de humedad se transforman en una señal eléctrica normalizada, cuya intensidad suele estar comprendida entre 4 y 20 mA.



*Figura 15. Sensor de Temperatura y Humedad DHT 11 Y DHT 22. Información tomada [www.roboticatecnociencia.cl](http://www.roboticatecnociencia.cl) Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

**Tabla 4.** Características de los sensores DHT.

Parámetro	Sensor Dht 11	Sensor Dht 22
Alimentacion	$3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$	$3.3Vdc \leq Vcc \leq 6Vdc$
Señal de salida	Digital	Digital
Rango de medida de temperatura	De 0 a 50 °C	De -40 °C a 80 °C
Precisión de temperatura	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$< \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Resolución de temperatura	0.1 °C	0.1 °C
Rango de medida humedad	De 20% a 90% RH	De 0 a 100% RH

Precisión humedad	4% RH	2% RH
Resolución humedad	1% RH	0.1%
Tiempo de sensado	1seg	2seg
Tamaño	12 x 15.5 x 5.5 mm	14 x 18 x 5.5 mm

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

### **2.3.12. Nivel de enlace**

“El nivel de enlace es el encargado del acceso al medio, de interconectar los equipos dentro de un mismo enlace y de la transmisión de datos entre ellos entre otras funciones.” (Marciel, 2012).

“Es el medio físico por donde se realiza la transmisión de información, en este caso es un medio no guiado ya que no se hace uso de cables. Es parte del espectro electromagnético y dependiendo el protocolo a usar se le determinará cierta frecuencia, entre los más comunes de 433 Mhz, 2.4 Ghz.” (Berechez, 2022)

### **2.3.13. Microcontroladores**

“Es un nivel de enlace por donde se efectua la transmisión de datos, es un medio no guiado ya que no se hace uso de cables. Es parte del espectro electromagnético y dependiendo el protocolo a usar se le determinará la frecuencia, las más comunes son 433 Mhz, 2.4 Ghz.” (Berechez, 2022)

#### **2.3.13.1. Arduino**

Arduino se concibió con la idea de facilitar el acceso al mundo de la electrónica de personas sin conocimiento previo de ello, así pues, se trata de una plataforma de desarrollo en código abierto que basa en un microcontrolador reprogramable acompañado de un determinado número de pines y puertos distribuidos como se observa en la figura 16, permitiendo entre otras cosas, la conexión del microcontrolador con los diferentes módulos y sensores con los que se esté trabajando.

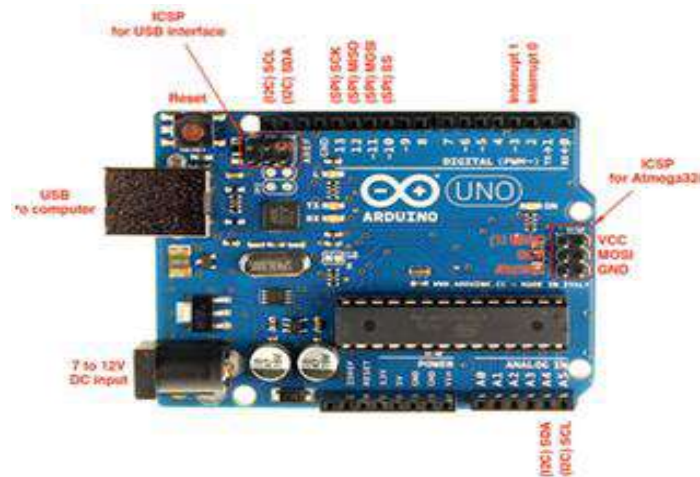


Figura 16. Distribución de pines en Arduino uno. Información tomada de [electrontools.com](http://electrontools.com). Elaborada por Veloso, C.

### 2.3.13.2. Raspberry

Raspberry Pi representa un pequeño computador personal de bajo costo. Esta tarjeta de desarrollo fue creada en Reino Unido con el fin de incentivar al mundo de la informática mediante el aprendizaje de la programación en numerosos trabajos como robótica, desarrollar juegos, realizar servidores, entre otras más aplicaciones.

Esta placa maneja el sistema operativo Linux, existen diferentes modelos que se ajustan a los requisitos de hardware y software para diseños de sistema que se quieren implementar. Posee puertos de entradas y de salidas, posibilitando aplicaciones en las que se requieran control como es el caso del campo de la domótica.

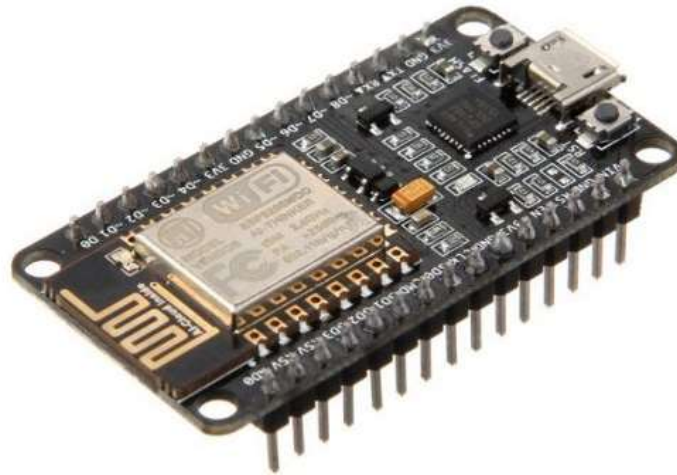


Figura 17. Raspberry Pi. Información tomada de [placadedesarrollo.com/raspberry-pi/](http://placadedesarrollo.com/raspberry-pi/). Elaborada por el autor.

### 2.3.13.3. Nodencum

“Se trata de un computador compacto de bajo coste, este microcontrolador creado por la empresa china Espressif Systems con sede en Shanghái. No obstante, su fabricación en multitud empezó a principios del 2014, donde se comunicó que este chip sería una excelente solución independiente de redes Wi-Fi que sirve como puente entre los microcontroladores

existentes o que son capaces de ejecutar aplicaciones autónomas. Posteriormente en la tabla 7 se detallan las características generales del mismo.” (Pilay, 2022)



*Figura 18. Nodemcu v2 ESP8266 wifi. Información tomada de <https://naylampmechatronics.com>. Elaborada por el autor.*

“Por lo general, todos los Raspberry pi disponibles en el mercado están contruidos en código y hardware libres y principalmente están basados en GNU-LINUX. Raspberry se compone de un SoC ARM de bajo consumo, memoria RAM, entradas y salidas de audio y video, conexión Wifi y que dependiendo del modelo puede incluir conectividad bluetooth, ranura SD.” (Villamar, 2022)

#### **2.3.14. IOT**

“El internet de las cosas o Internet of Things (IoT), es un tema que ha tomado gran poder en los últimos años y es una de las tecnologías más revolucionarias de la actualidad, donde se le asigna la capacidad a cualquier artefacto físico de conectarse a una red; básicamente es una nueva forma de entender la tecnología y su aplicación en la vida”. (Herrera, Mendieta y Jimenez, 2019)

“La gran mayoría de los objetos y personas que se pueden interconectar, lo hacen por medio de dispositivos móviles, dejando de lado la necesidad de conectarse por medios físicos”. (Herrera, Mendieta y Jimenez, 2019)

Acerca del IOT (Santana y Vera, 2020), afirman que es considerada como la conexión de objetos físicos o dispositivos a través de una red conformada por dispositivos inteligentes con la capacidad de autogestionarse y compartir información entre otras cosas.

#### **2.3.15. Arquitectura de red IOT**



Generalmente la arquitectura de una red o sistema IOT consta de 4 fases o capas mediante las cuales los datos obtenidos de los sensores (objetos), son transmitidos por medio de la red a un centro de datos o nube para su respectivo procesamiento y análisis, así como de su almacenamiento (Villamar, 2022).

(Salazar y Silvestre, 2017), señalan que estas capas son: la encargada de la detección, la que realiza el intercambio de datos, la que integra la información, y finalmente la capa de aplicación tal y como se aprecia en la tabla 4

**Tabla 5.** Arquitectura de 4 capas de red IOT

Capa	Función
Detección	Estos son todos los sensores, los objetos, y los datos recogidos
Intercambio de datos	Es la transmisión de los datos por medio de la red
Integración de la información	Es donde se procesa, se filtra e integra la información útil para el servicio o usuario final.
Servicio de aplicación	Son los servicios para los usuarios.

*Información tomada de techpedia.fel.cvut.cz. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

### 2.3.16. Plataformas IOT

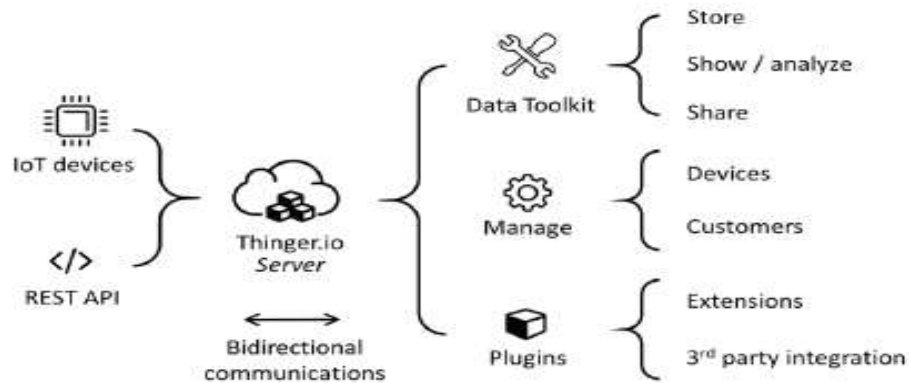
También comúnmente denominado nivel de control o Gateway IOT, son dispositivos o software que figuran como el punto que conecta a la nube con los equipos pertenecientes a una red de IOT, estos pueden ser controladores, sensores, entre otros.

“En una red de IOT, todos los datos que se desplacen de la red de sensores a la nube o viceversa, van a pasar primero por el Gateway o pasarela la cual puede tratarse de un software diseñado específicamente para esa labor, o un dispositivo dedicado”. (Villamar, 2022).

#### 2.3.16.1 Thinger.io

Se trata de una plataforma de código abierto española con enfoque al desarrollo de sistemas o redes basados en IOT que como lo indica en su web oficial (Thinger.io, 2022), provee de una serie de herramientas útiles para la creación, escalado y administración conectados entre sí agilitando el desarrollo de nuevos proyectos de IOT.

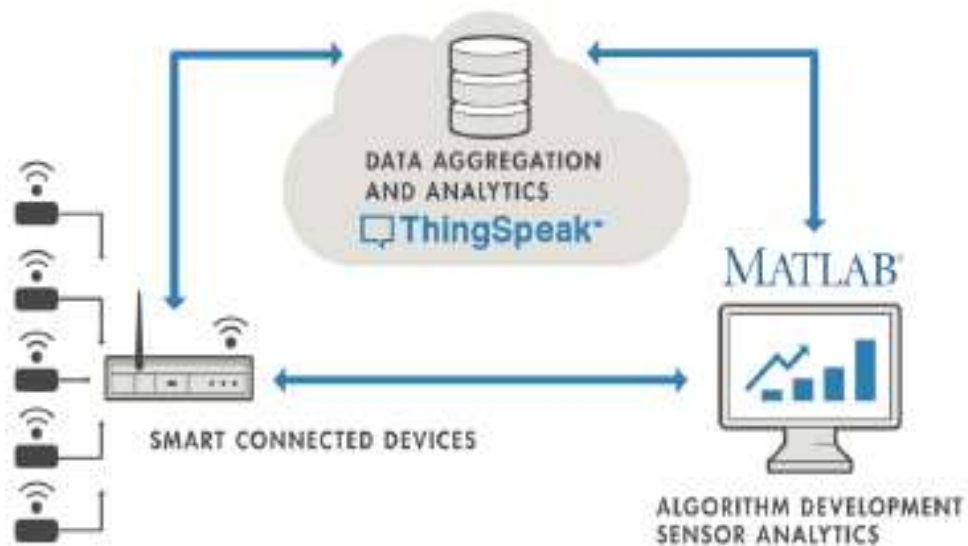
Thingier.io se caracteriza por su sencilla accesibilidad dado que al estar desarrollada de manera open source garantiza su integración con la gran mayoría de dispositivos existentes en el mercado, además de contar con planes que parten desde una versión gratuita limitada, la cual está orientada a estudiantes o pequeños trabajadores en IOT, en la figura 19 se pueden apreciar las principales características de thingier.io.



*Figura 19. Red y características de Thingier.io. Información tomada de Thingier.io. Elaborada por de Thingier.io*

### **2.3.16.2. Thingspeak**

Es una plataforma de IOT en código abierto que permite a sus usuarios la comunicación, visualización y control de dispositivos conectados a través de internet, adicionalmente esta plataforma cuenta con soporte del software Matlab para la visualización y el análisis de los datos obtenidos por la red de sensores. Los sistemas de sensores inalámbricos que hacen uso de Thingspeak como pasarela se pueden describir mediante el diagrama presentado en la figura 20.



*Figura 20. Diagrama de red IOT con thingerSpeak. Información tomada thingerSpeak.com. Elaborada por ThingierSpeak.*

### **2.3.16.3. WordPress**

Se trata de una plataforma diseñada para para crear, editar y mantener sitios web de manera gratuita ofreciendo flexibilidad y escalabilidad, además de tratarse de un sistema muy sencillo de utilizar.

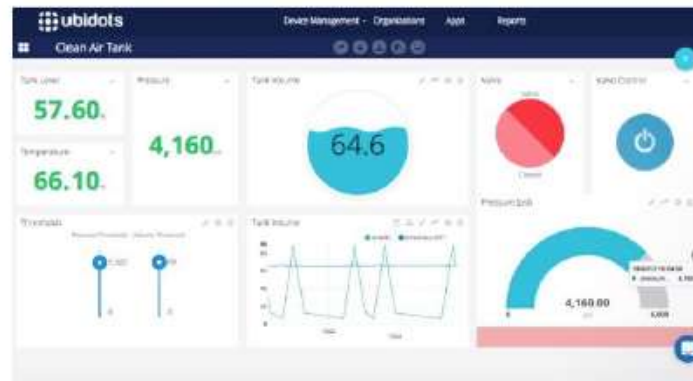
Lanzado como un sistema de gestión de contenidos web, WordPress esta desarrollado en PHP enfocado a entornos que hagan uso de MySQL y Apache, entre sus características más importantes se pueden mencionar:

- Instalación sencilla
- Se actualiza de manera automática
- Cuenta con herramientas de comunicación
- Permite la distinción por categorías y etiquetas
- Acepta el uso de links permanentes
- Admite el uso de widgets y plantillas

Este sistema es también amigable con aquellas personas que quieren empezar en el desarrollo de páginas web, WordPress resulta mucho más accesible que empezar a desarrollar (codificar) un sitio web desde 0, además de contar con un gran número de cursos en línea para aprender su utilización.

#### 2.3.16.4. Ubidots

Ubidots es una plataforma de IOT que cuenta con un centro de datos en nube, en la cual realiza el almacenamiento de los datos obtenidos de los dispositivos o sensores que conforman una red de IOT, esta plataforma cuenta con un Dashboard como se muestra en la figura 21, en donde se muestra toda la información recogida.



*Figura 21. Tablero Ubidots. Información tomada de [ubidots.com](https://ubidots.com). Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

Ubidots es una plataforma de pago, sin embargo, es posible acceder a una prueba gratuita orientada para estudiantes o empresas. Como parte de su sistema de seguridad, Ubidots cuenta con un sistema integrado de autenticación mediante la asignación de tokens únicos a cada usuario, mismo que se utiliza en el programado de los dispositivos o sensores que formaran parte de la red.

## 2.4. Marco conceptual

### 2.4.1. Sensor

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. (Gardey y Pérez, 2021)

#### 2.4.1.1. Sensor de la calidad del aire

Los sensores de calidad del aire son dispositivos que detectan y miden químicos y contaminantes específicos en el aire, estos dispositivos pueden tener muchos casos de uso como monitorear la calidad del aire interior, la calidad del aire exterior o los sensores portátiles que se pueden mover con frecuencia. (Air Central Texas, 2022)

#### **2.4.1.2. Sensor MQ-135**

Sensor implementado en la detección de gases peligrosos y en controladores de la calidad del aire. Este sensor es capaz de detectar un amplio rango de gases que incluye: NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alcohol, Benceno, Humo y CO<sub>2</sub>. (I+D Electronica, 2022)

#### **2.4.1.3. Sensor ZPH01B**

Este sensor integra tecnología de detección de PM<sub>2.5</sub> por infrarrojos, utilizando el principio de conteo de partículas para detectar PM<sub>2.5</sub> en el medio ambiente. Puede detectar las partículas (diámetro  $\geq 1\mu\text{m}$ ). (CN Sensors, 2022)

#### **2.4.1.4. Sensor MQ-7**

El MQ-7 Detector de Monóxido de Carbono es un sensor electro-químico que varía su resistencia al estar contacto con monóxido de carbono (CO) en el aire, el módulo contiene un circuito electrónico que permite realizar la conexión con alguna tarjeta de desarrollo, y cuenta con una salida analógica y otra digital. (Unit Electronics, 2022)

#### **2.4.1.5. Sensor de temperatura y humedad**

El sensor de humedad es un dispositivo utilizado en espacios de interior a fin de controlar la temperatura y humedad del aire. Las magnitudes medidas por el sensor son transformadas en una señal eléctrica (con una intensidad entre 4 y 20 mA). (Securitasdirect, 2021)

#### **2.4.1.6. Sensor DHT 11**

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). (Naylamp Mechatronics, 2022)

#### **2.4.1.7. Sensor DHT 22**

El DHT22 (AM2302) es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de buen rendimiento y bajo costo. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). (Naylamp Mechatronics, 2022)

### **2.4.2. Redes de sensores**

Un sistema WSN (Wireless Sensor Network) de sensores inalámbricos es una red con numerosos dispositivos distribuidos espacialmente, que utilizan sensores para controlar diversas condiciones en distintos puntos, entre ellas la temperatura, el sonido, la vibración, la presión y movimiento o los contaminantes. (Frey, 2006).

#### **2.4.3. Redes inalámbricas**

“Las WSN comprenden un grupo de nodos sensores conectados entre sí en zonas determinadas, utilizados para el control y monitoreo de un entorno físico a controlar, y transmitir la información recogida de los dispositivos terminales permitiendo comunicar diversos canales hasta llegar a su destino.” (Vera, 2021)

#### **2.4.4. Estandar IEEE**

“El estándar 802.11 define los mecanismos que los dispositivos deben usar para comunicarse de manera inalámbrica con otros en una red WLAN. Define parámetros tales como: Señales RF, Modulación, Codificación, Bandas, Canales, Velocidades de transmisión” (Universidad PUCE, 2022)

#### **2.4.5. Topología de red**

“La topología de una red representa la disposición de los enlaces que conectan los nodos de una red. Las redes pueden tomar muchas formas diferentes dependiendo de cómo están interconectados los nodos. Hay dos formas de describir la topología de una red: física o lógica.” (Buettrich y Escudero, 2018)

#### **2.4.6. IoT**

“considerada como la conexión de objetos físicos o dispositivos a través de una red conformada por dispositivos inteligentes con la capacidad de autogestionarse y compartir información entre otras cosas”. (Santana y Vera, 2020)

#### **2.4.7. Microcontrolador**

“Es un circuito integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, esto es CPU, memorias RAM, EEPROM, y circuitos de entrada y salida. (Bone, 2021). Son circuitos integrados programables que puede ejecutar las tareas que han sido grabadas en su memoria.” (Peña, 2020)

#### **2.4.7.1. Arduino**

“Es una plataforma de hardware de código abierto que basa su funcionamiento en una placa con un microcontrolador que cuenta con entradas y salidas analógicas y digitales, que está basada en un entorno de desarrollo para facilitar el uso de proyectos electrónicos.” (Peña, 2020)

#### **2.4.7.2. NodeMCU**

“Es un microcontrolador de bajo precio, inspirado en Arduino y compatible con su lenguaje de programación... Es una plataforma de desarrollo y un firmware de Código abierto escrito en LUA y con una API de red estilo NodeJS. Todas estas características le permiten una gran flexibilidad.” (Codigoiot, 2020)

#### **2.4.7.3. Raspberry**

“La Raspberry es un ordenador de bajo coste y tamaño reducido, tanto es así que cabe en la palma de la mano, pero puedes conectarle un televisor y un teclado para interactuar con ella exactamente igual que cualquier otra computadora.” (Rodríguez, 2018)

### **2.1. Marco legal**

En el desarrollo de esta investigación se hace un detalle de las bases legales referentes para la realización del proyecto, para lo se considerada lo siguiente.

El orden jerárquico de aplicación de las normas será el siguiente: La Constitución; los tratados y convenios internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones; y los demás actos y decisiones de los poderes públicos. (El Consejo de la Judicatura , 2008)

Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación, estipulado en el artículo 16 numeral 2 de la sección tercera de Comunicación e información. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

La creación de medios de comunicación social, y al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas, estipulado en el artículo 16 numeral 3 de la sección tercera de Comunicación e información. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

El acceso y uso de todas las formas de comunicación visual, auditiva, sensorial y a otras que permitan la inclusión de personas con discapacidad, estipulado en el artículo 16 numeral 4 de la sección tercera de Comunicación e información. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

Es necesario hacer un correcto uso de las Tics y WSN en el monitoreo y control de riesgos en el interior del hogar manteniendo un impacto mínimo en el medio ambiente de forma que se garantice el derecho a un hábitat seguro y saludable, estipulado en el artículo 30 de la sección sexta de habidad y vivienda de los derechos del buen vivir. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir, estipulado en el artículo 32 de la sección séptima de salud. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

El Estado garantizará a las personas trabajadoras el pleno respeto a su dignidad, una vida decorosa, remuneraciones y retribuciones justas y el desempeño de un trabajo saludable y libremente escogido o aceptado, estipulado en el artículo 33 de la sección octava de trabajo y seguridad social. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

Garantizar la implementación de estrategias que permitan incidir en determinantes sociales de la salud y lograr políticas, espacios, capacidades y condiciones saludables para la población, estipulado en el artículo 14 de Promoción de la salud e igualdad sección “C”. (Ministerio de Salud Publica, 2017)

El establecimiento o despliegue de una red comprende la construcción, instalación e integración de los elementos activos y pasivos y todas las actividades hasta que la misma se vuelva operativa, estipulado en el Título II Redes y prestación de serviciosde telecomunicaciones Capítulo I Establecimiento y explotación de redes artículo 9 Redes de telecomunicaciones (Ley Organica de Telecomunicaciones, 2015)

El Estado impulsará el establecimiento y la prestación de servicios de telecomunicaciones que promuevan la convergencia, de conformidad con el interés público y lo dispuesto en la presente Ley y sus reglamentos. La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones emitirá reglamentos y normas que permitan la prestación de diversos servicios sobre una misma red e impulsen de manera efectiva la convergencia de servicios y favorezcan el desarrollo tecnológico del país, bajo el principio de neutralidad tecnológica.. Título II Redes y prestación de serviciosde telecomunicaciones Capítulo I Establecimiento



y explotación de redes artículo 12 Convergencia (Ley Organica de Telecomunicaciones, 2015)

En el ámbito social, la incorporación de TIC en sectores como salud, educación o justicia, permite aumentar la eficiencia en la provisión de estos servicios reduciendo el gasto público, mejorar la calidad de los servicios utilizando análisis de datos (analytics) que permiten generar conocimientos (insights) clave, y por último brindar una mejor experiencia al cliente a través del uso de herramientas digitales, estipulado en el 3.4. Macro - objetivo 3: asegurar el uso de las TIC para el desarrollo económico y social del país del 3.4.1. Importancia de asegurar el uso de las TIC para el desarrollo económico y social del país. (Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, 2016)

El estado debe asegurar que la infraestructura para conectividad y telecomunicaciones cubra todo el territorio nacional, de modo que las TIC estén al alcance de toda la sociedad de manera equitativa. (Plan técnico fundamental de transmisión PTFT, 2013)

## **Capítulo III**

### **Metodología**

#### **3.1. Método de Investigación**

El término método, se origina de las raíces: meth, que significa meta y, odos, que significa vía. Es decir, el método es el camino que conduce a la meta. El Método de la Investigación busca responder a la pregunta ¿Cómo se desarrollará / desarrolló la investigación? (Abreu, 2015)

Según lo menciona (Abreú, 2015) “el método de la investigación describe con buenos detalles la forma en que se ha llevado a cabo la investigación. Este permite explicar la propiedad de los métodos utilizados y la validez de los resultados, incluyendo la información pertinente para entender y demostrar la capacidad de replicación de los resultados de la investigación”.

Por lo tanto (Abreu, 2015) indica que en el proceso de investigación científica es fundamental decidir qué método se va a utilizar... Es importante destacar que el método se deriva de la teoría... Esta selección del método depende de tres elementos: el tipo de fenómeno a estudiar, los objetivos de la investigación y la perspectiva de análisis del investigador.

Así también (Behar, 2008) explica que la finalidad de cualquier tipo de ciencia es producir conocimientos y la selección del método idóneo que permita explicar la realidad es vital. Se presentan los problemas cuando se aceptan como verdaderos los conocimientos erróneos.

#### **3.2. Diseño de la investigación**

Para realizar el desarrollo de este trabajo de diseño de un prototipo de red de sensores inalámbricos se considera más adecuado usar el tipo de investigación cuantitativa. En el diseño de esta investigación son el enfoque que va aplicar el investigador para despejar el problema, el obstáculo, inconveniente, barrera que se ha desarrollado en este estudio.

Para los fines didácticos se clasifican en diseño descriptivo, diseño correlacional, diseño bibliográfico, diseño no experimental.

##### **3.2.1. Investigación cuantitativa.**

“La investigación cuantitativa es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables.” (Pita y Pértegas, 2002)

Para este caso se usarán técnicas de investigación, como la entrevista y la encuesta que son técnicas de investigación cuantitativa efectivas para la recolección de datos. Estas herramientas serán a través de un formulario de pregunta y de un software de encuestas. Además, están diseñadas para legitimar el comportamiento y la confianza de los participantes.

### **3.2.2. Diseño descriptivo.**

“En un estudio descriptivo se seleccionan una serie de cuestiones, conceptos o variables y se mide cada una de ellas independientemente de las otras, con el fin, precisamente, de describirlas.” (Cazau, 2006). “El método descriptivo busca un conocimiento inicial de la realidad que se produce de la observación directa del investigador y del conocimiento que se obtiene mediante la lectura o estudio de las informaciones aportadas por otros autores. Se refiere a un método cuyo objetivo es exponer con el mayor rigor metodológico, información significativa sobre la realidad en estudio con los criterios establecidos por la academia.” (Abreú, 2015).

El aporte de este método, es buscar especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno, se basa en la controlar, que pretende compilar datos cuantificables para ser utilizados en el estudio estadístico de la muestra de población. Es una herramienta famosa de investigación de mercado que permite recopilar y describir la naturaleza del segmento demográfico. y externa de la investigación.

### **3.2.3. Diseño correlacional**

“Presenta como objetivo medir la relación que existe entre dos o más variables, en un contexto dado. Intenta determinar si hay una correlación, el tipo de correlación y su grado o intensidad. En otro sentido, la investigación correlacional busca determinar cómo se relacionan los diversos fenómenos de estudio entre sí (Cazau, 2006)

En este caso nos basaremos en los análisis descriptivos previos de la información, de esta forma una vez sabemos la dimensión de cada variable, podemos examinar sus relaciones, esto permitirá estudiar la relación entre variables.

#### **3.2.4. Diseño bibliográfico.**

“El diseño de investigación bibliográfico, entonces, se basa en datos secundarios. Es el conjunto de procedimientos que se emplean cuando los datos de interés para la investigación se recogen ya elaborados y procesados por otros investigadores. Este tipo de diseño tiene una gran ventaja: posibilita cubrir una amplia gama de fenómenos. Pero al mismo tiempo tiene una desventaja importante: las fuentes a las que se recurren pueden tener datos defectuosos. Una manera de evitar que los defectos o errores de otros científicos se transfieran a nuestra investigación es comparar los datos que distintos investigadores aportan sobre un mismo tema, es decir, cotejar distintas fuentes.” (Ibarra, 2022)

Se utilizará la investigación bibliográfica llamado también método de escritorio es donde en un conjunto de actividades encaminadas a localizar documentos relacionados con un tema o un autor concretos, este se enfoca en la revisión, recopilación y análisis de datos ya existentes provenientes de investigaciones previamente realizadas, el método bibliográfico también permite llevar a cabo la investigación planteada.

#### **3.2.5. Diseño no experimental.**

“Los diseños no experimentales se realizan sin modificar variables, es decir, no hay variación intencional de alguna variable para medir su efecto sobre otra, sino que se observan los fenómenos tal como se presentan en su contexto natural. En este tipo de estudios, las variables independientes ocurren y no se pueden manipular, al igual que los efectos que ellas tienen.” (Mousalli-Kayat, 2015)

Se empleará la investigación no experimental que nos permite realizar el acopio de los datos sin manipular las variables, es decir no hacemos variar intencionalmente las variables independientes.

### **3.3. Instrumentos de la investigación**

#### **3.3.1. Población**

La población de una investigación está compuesta por todos los elementos (personas, objetos, organismos, historias clínicas) que participan del fenómeno que fue definido y delimitado en el análisis del problema de investigación... La población tiene la característica de ser estudiada, medida y cuantificada. También se conoce como universo... La población debe delimitarse claramente en torno a sus características de contenido, lugar y tiempo. (Díaz, 2016)

Para efectuar el análisis de la calidad del aire en el interior del Hospital Básico Durán, mediante el sensor MQ-135 y DHT 22, se ha definido como la población a estudiar 11.234 personas entre personal médico, administrativo y promedio de pacientes atendidos en la institución hospitalaria del Cantón Durán.

**Tabla 6.** Poblacion general del Hospital Básico Durán

<b>Población</b>		
Personal Medico	266	2,4%
Personal Administrativo	70	0,6%
Usuarios consultas medicas	10898	97%
<b>Total de población</b>	<b>11234</b>	<b>100%</b>

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

### 3.3.2. Muestra

“Una muestra es una parte de la población. La muestra puede ser definida como un subgrupo de la población o universo, para seleccionar la muestra, primero deben delimitarse las características de la población” (Díaz, 2016).

Se refiere a las personas que proporciona información real del entorno donde está el problema de estudio, para verificar si esta investigación es requerida o no, en esta tesis se aplicó la encuesta a las personas que forman parte del centro hospitalario, para obtener un número exacto de estudiantes a encuestar se ha empleado la siguiente formula que se detalla a continuación:

**Tabla 7.** Muestra para variables cuantitativas

<b>DATOS FINITOS</b>			
Simbología	Definición	%	Valor
n	tamaño de la muestra		-
z	nivel de confianza	95%	1.96
e	presión o el error	5%	0.05
$\delta$	desviación estándar		0.5
N	tamaño de la población		11234

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

$$n = \frac{z^2 \delta^2 N}{(N - 1)e^2 + z^2 \delta^2}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)^2 (11234)}{(11234 - 1)(0.05)^2 + (1.96)^2 (0.5)^2}$$

$$n = \frac{(3.84)(0.25)(11234)}{(11233)(0.0025) + (3.84)(0.25)}$$

$$n = \frac{10784.64}{29.04}$$

$$n = 371$$

**Tabla 8.** Tamaño de la muestra a encuestar en el Hospital Básico Durán

Muestra		
Personal Medico	9	2,4%
Personal Administrativo	2	0,6%
Usuarios consultas medicas	360	97%
<b>Total de muestra</b>	<b>371</b>	<b>100%</b>

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

### 3.4. Técnicas en la investigación.

- Encuesta
- Entrevista

#### 3.4.1. Encuesta.

La encuesta es la técnica de investigación y de recopilación de datos más utilizada para obtener información de personas que se encuentran en el entorno donde se está realizando un estudio o investigación.

Se efectúan de muchas formas y tienen un sin fin de finalidades que van dependiendo de los métodos que se apliquen y los objetivos que se quieran lograr.

En este caso las encuestas se aplicaron a personal médico, administrativo y usuarios del Hospital Básico Durán. En esta técnica se manejaron de una forma muy ordenada los resultados adquiridos, que son de soporte en este proyecto.

### **3.4.2. Entrevistas.**

Esta técnica consiste en intercambiar ideas y opiniones mediante una conversación que se lleva a cabo entre una o más personas donde existe uno que hace el papel de entrevistador y es el designado a realizar las preguntas.

Entre los tipos de entrevistas más frecuentes se encuentran: entrevista estructurada, entrevista semiestructurada y entrevista no estructurada. Se considera que la entrevista estructurada es la adecuada para efectuar una medición de opiniones de forma abierta siguiendo un cuestionario establecido.

Se utilizó la técnica de la entrevista semiestructurada, como instrumento de recolección de información usaremos el cuestionario, el cual todas las preguntas a realizar estarán de forma abierta con el propósito que el entrevistado pueda exponer libremente en base a su conocimiento y experiencia en el tema a tratar, de cómo afecta la contaminación en el aire en ser humano.

Se realizó varias entrevistas para consolidar el presente trabajo de titulación, las entrevistas se efectuaron a un Médico del Hospital Básico Durán y a un Ingeniero del área de tecnología de la Universidad de Guayaquil de la Facultad de Ingeniería Industrial de la carrera de Telemática, para tener pensamientos y opiniones que ayuden a demostrar que esta investigación como es calidad del aire en el interior del Hospital, y que tan perjudicial es para las personas que trabajan ahí y para las que acuden a consulta médica en el centro hospitalario

### **3.4.3. Instrumentos de la investigación**

Para realizar la encuesta, se utilizó un cuestionario que está formado por preguntas cerradas, que se realizaron a empleados y pacientes del centro hospitalario. Así también se efectuaron opciones que aceleran el proceso de recaudación de información.

Una herramienta adicional de investigación que se empleó fueron las preguntas realizadas en las entrevistas a los Doctores Iván Reyes y John Monar, Cirujanos del Hospital Básico Durán, y al Ing. Ángel Plaza Vargas docente de la Facultad de Ingeniería Industrial de la carrera de Teleinformática / Telemática la Universidad de Guayaquil.

#### **3.4.3.1. Encuesta**

La siguiente encuesta se realizó a 371 personas en la que están incluidas personal médico, administrativo y usuarios del hospital Básico Durán, acerca del diseño de un prototipo de red de sensores para el monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores de centros hospitalarios, luego se mostrara el resultado y análisis de la misma. Las preguntas se detallarán en el apartado de anexos.

#### **3.4.3.2. Entrevistas**

El cuestionario de preguntas para la entrevista fue dirigido a expertos en área Médica y tecnológica en la cual participaron el Dr. Iván Reyes Médico Cirujano del Hospital Básico Durán y el Ing. Ángel Plaza docente de la Universidad de Guayaquil, quienes dieron su opinión profesional acerca del tema diseño de un prototipo de red de sensores para el monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores del hospital Básico Durán. En el apartado de anexos se detallarán de las preguntas y respuestas.

### **3.5. Análisis Comparativo – Técnico**

Con el siguiente análisis se pretende establecer las diferencias entre diferentes trabajos desarrollados sobre el tema red de sensores usando pasarelas IOT de acuerdo con los criterios que y análisis que realizaron los autores anteriores. A continuación, se muestran los trabajos realizados los cuales se asemejan a lo que desea llegar la en el presente trabajo de investigación.

(Berechez, 2022) en su trabajo de investigación DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DETECTOR DE GAS COMUNITARIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL EN LA COOPERATIVA 4 DE MARZO realizo un diseño de red de sensores usando la tecnología ZigBee que trabaja con el estándar IEEE 802.15.4 realizando el monitoreo de niveles de gas GLP usando el sensor MQ2 usando un microcontrolador arduino, haciendo conexión entre los módulos XBee a la interfaz XCTU.

(Pilay, 2022) centro su trabajo de titulación DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE MEDICIÓN ACÚSTICA POR MEDIO DE UNA PLATAFORMA IOT en una WSN usando una placa de desarrollo NodeMCU ESP8266 bajo el estándar IEEE 802.11b/g/n y un sensor de sonido logrando medir los niveles de ruido en un sector determinado de la Universidad de Guayaquil, haciendo uso de una plataforma IOT Ubidots se recolectaron datos para el análisis.



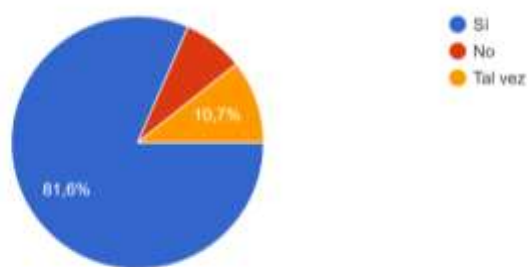
(Villamar, 2022) realizo su tesis de grado PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL DE RIESGOS POTENCIALES PARA HOGARES USANDO TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN DE DATOS INALÁMBRICA haciendo uso de una red de sensores inalámbricos recolecto datos de gases por medio del uso del sensor MQ2 y de movimiento a través del sensor PIR realizando la transmisión usando un microcontrolador NodeMCU ESP8266, para así visualizar de forma gráfica la información en la plataforma IOT Thingier.io, teniendo así información en tiempo real de los factores de riesgo sensados.

Podemos notar que el uso del internet de las cosas es fundamental para este tipo de proyectos, así como también el uso de la placa de desarrollo NodeMCU, la pasarela IOT a seleccionar dependerá de fácil manejo que considere el autor del trabajo.

### 3.6. Análisis de resultados

#### 3.6.1. Resultado de la encuesta

##### 1. ¿Conoce usted sobre la contaminación del Aire?

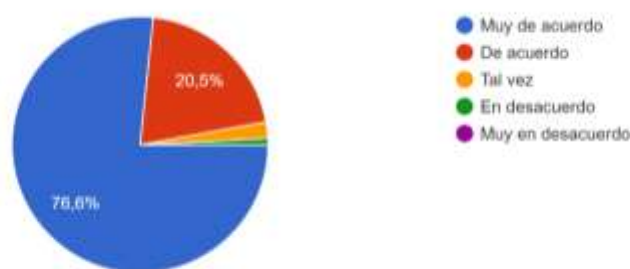


*Figura 22. Conocimiento sobre la contaminación del aire. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

Se logro observar que 81,6% conoce sobre la contaminación del aire, que el 10,7% tal vez escucho sobre la contaminación del aire y que 7,8% desconoce sobre el tema de la contaminación del aire.

Los encuestados demuestran en su mayoría conocer sobre el tema de la contaminación del aire, por lo que se torna un tema de interés.

##### 2. ¿Cree usted que existirían consecuencias para la salud de las personas al estar dentro de un sitio cerrado donde exista mala calidad del aire?

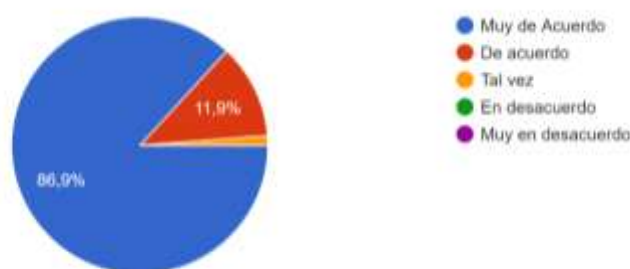


*Figura 23. Consecuencias sobre la contaminación del aire al estar en ambientes cerrados. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

El 76,6% ha respondido que está muy de acuerdo en que existen consecuencias para la salud al estar en un sitio cerrado, el 20,5% está de acuerdo, el 2% indica que tal vez y 0,8% está en desacuerdo con que existan riesgos para la salud al estar en un sitio cerrado.

Con esto podemos considerar que un gran porcentaje cree que hay consecuencias para la salud al estar en sitios cerrados con una mala calidad del aire.

### 3. ¿Considera usted que debería existir una buena calidad del aire al interior de los centros hospitalarios?

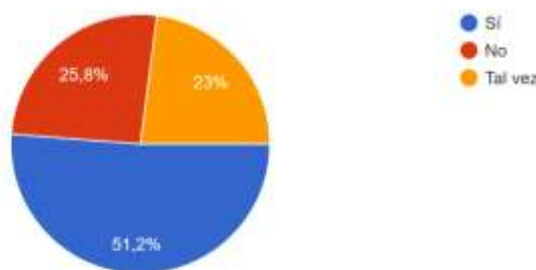


*Figura 24. Buena calidad del aire en ambientes hospitalarios. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

En esta pregunta el 86,9% considera estar muy de acuerdo con que debe existir una buena calidad del aire al interior de los centros hospitalarios, el 11,9% considera estar de acuerdo, y el 1,2% que tal vez.

De esta manera notamos que a las personas les interesa estar dentro de un centro hospitalario con una buena calidad del aire.

### 4. ¿Se ha sentido descompensado en el interior de un Hospital por falta de ventilación adecuada?

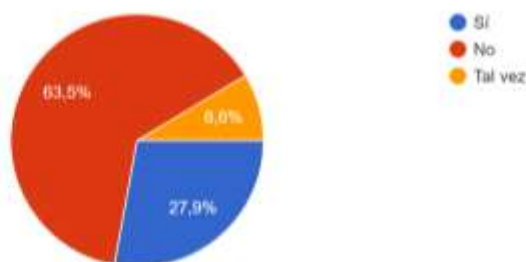


*Figura 25. Descompensación por falta de ventilación al interior de un Hospital. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

Según el 51,2% ha sentido descompensación en su salud al interior de un hospital, el 23% cree que tal vez lo ha tenido y el 25,8% indica que no ha sentido descompensación en su salud.

En este caso notamos que más de la mitad de las personas que están dentro de un área hospitalaria han sentido descompensada su salud por falta de una ventilación adecuada para tener una buena calidad de aire.

**5. ¿Ha escuchado sobre las redes de sensores inalámbricos empleado para el monitoreo de niveles de contaminación del aire?**

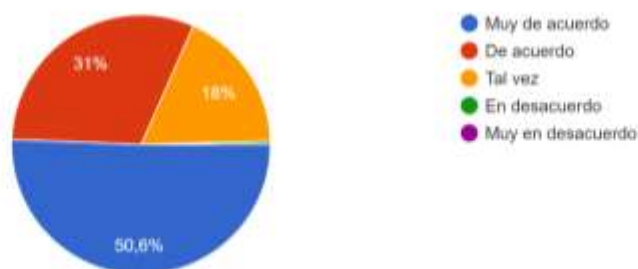


*Figura 26. Redes de sensores para el monitoreo de niveles de contaminación. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

Según el 27,9% si ha escuchado de las redes de sensores inalámbricos para el monitoreo de la contaminación del aire, el 63,5% no conoce sobre la red de sensores inalámbricos y el 8,6% indica que tal vez ha escuchado sobre el tema.

Podemos darnos cuenta en esta pregunta el poco conocimiento de la población hospitalaria sobre temas de tecnología.

**6. ¿Cree que, al implementar este tipo de tecnología en el área médica ayude a moderar los niveles de la calidad del aire existente dentro de los Hospitales?**

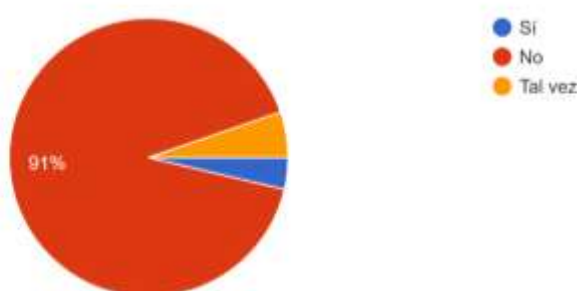


*Figura 27. Implementación de tecnología para mejora de niveles de calidad de aire. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

En esta pregunta el 50,6% considera estar muy de acuerdo con que al implementar este tipo de tecnologías podrá mejorar las condiciones del aire, el 31% considera está de acuerdo, y el 18% que tal vez sería una opción, mientras que el 0,4% considera que la implementación ayude a la mejora de la calidad del aire.

De esta manera notamos que, la mayor parte de las personas piensa y les interesa estar dentro de un centro hospitalario con una buena calidad del aire controlado desde una red de sensores.

#### **7. ¿Conoce algún Hospital que haya implementado este tipo de tecnología?**

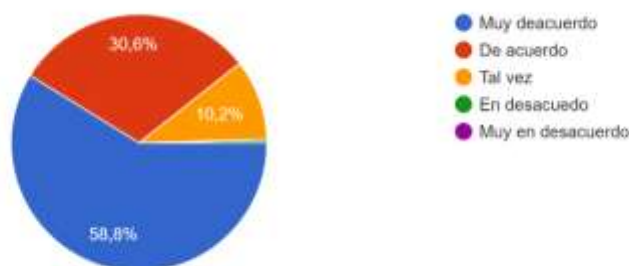


*Figura 28. Hospital con tecnología de red de sensores. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

Se observa que un 3,7% si conoce Hospitales que cuente con tecnología de las redes de sensores inalámbricos para el monitoreo de la contaminación del aire, el 91% no conoce ningún Hospital que cuente con la implementación y el 5,3% indica que tal vez ha escuchado sobre el tema.

Podemos esta manera concluir, que existen muy pocos Hospitales que cuenta con una red de sensores que controle los niveles de contaminantes en el aire dentro de los Hospitales.

8. **¿Piensa usted que este tipo de proyectos contribuyen en la mejora de normas o reglamentos para el control de los niveles de calidad del aire en ambientes interiores en Hospitales y que aporte a un mejor desenvolvimiento de las actividades que se realizan en ella?**



*Figura 29. Proyectos que contribuyen a mejoras de normativas para el control de los niveles de la calidad del aire al interior de un Hospital. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

En esta pregunta el 58,8% considera estar muy de acuerdo que este tipo de proyectos mejoraría las normativas o reglamentos para un mejor control de los niveles de la calidad del aire, el 30,6% está de acuerdo, el 10,2% indicó que tal vez y mientras que una minoría del 0,4% considera que no ayude a la mejora de la calidad del aire.

Podemos considerar de esta manera que, un gran porcentaje de los encuestados tienen mucho interés con que este tipo de proyectos se implemente al interior de centro hospitalario para contar con una buena calidad del aire.

### **3.6.2. Resultado de la entrevista**

#### **3.6.2.1. Personal Médico**

En la entrevista con el Doctor Iván Reyes Médico Cirujano del Hospital Básico Durán, Nos expuso su criterio en cuanto a la contaminación del aire al interior de las casas de salud.

“Es muy importante contar con calidad de aire adecuada para evitar infecciones en los pacientes y en el personal en general, sobre todo las neumonías nosocomiales”, también considera que “Las consecuencias serían, enfermedades de tipo respiratorias que pueden variar desde una rinitis alérgica hasta neumonías complicadas o severas”, y concluye que “Sería muy importante medir la calidad del aire, valorar el grado de contaminación el mismo que nos permita tomar medidas para su purificación”.

#### **3.6.2.2. Experto Tecnológico**

En la entrevista con el Ingeniero Ángel Plaza Docente de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil, Nos expuso su criterio en cuanto a la contaminación del aire al interior de las casas de salud.

“El problema de contaminación es constante en la actualidad, tanto en sitios abiertos como cerrados” “El control de la calidad del aire en lugares cerrados con gran concurrencia debería ser un punto importante en el análisis de gestión de riesgo” por lo cual concluye de la siguiente manera “El planteamiento de este tipo de estudios o desarrollo de prototipos en esta área permiten obtener resultados que justifiquen una verdadera inversión en actualización de control y prevención de ambientes contaminados”.

### **3.7. Propuesta del desarrollo del prototipo**

Para el presente proyecto se plantea el prototipo de una estación de monitoreo de la calidad del aire, mediante el diseño de una red de sensores inalámbricos que permita la medición de los niveles de contaminación que se presentan en el Hospital Básico Durán. evitando causar molestias de tipo respiratorias a las personas que realizan actividades diarias al interior del centro Médico. Los datos adquiridos por los sensores se podrán visualizar de manera de gráficas a través de una pasarela IoT

#### **3.7.1. Análisis de los requerimientos**

##### **3.7.1.1. *Requerimientos del prototipo***

Mediante la investigación realizada y la información obtenida durante la misma, se requiere que el dispositivo, sea capaz de adaptarse a redes inalámbricas interiores, de forma que los dispositivos que están conectados al prototipo sean capaces de operar de forma simultánea en la red. Así mismo, es importante tener en consideración el factor económico, por lo que se requiere que el prototipo sea construido mediante el uso de herramientas de software y hardware de código abierto de bajo coste, de igual manera, la tecnología de transmisión de datos a utilizar debe valorar el consumo energético de acuerdo con las características técnicas necesarias de la red.

Se requiere el uso de una plataforma IOT que cumpla la función de Gateway, para la visualización de la información recogida y el estado de conexión, así como también de un número determinado de nodos sensores de acuerdo con las áreas o zonas que se desea cubrir, a su vez, los nodos sensores deben contar con dispositivos capaces de detectar la presencia de gases temperatura y humedad, que son aquellos factores de riesgo que determinan la calidad del aire en el ambiente interior y que han sido tomados en consideración para la

construcción del prototipo, finalmente, el mismo debe ser capaz de emitir una alarma sonora ante la presencia en niveles considerados peligrosos o de riesgo de las variables mencionadas.

### 3.7.1.2. *Requerimientos del sistema*

Se necesita para el funcionamiento del sistema para la creación de firmwares una plataforma o ambiente de desarrollo de código abierto idóneo, para controlar los componentes electrónicos de la red; se ejecuta el código para el sistema de manera secuencial, deberá ser sencillo para no ocupar mucho campo en la memoria y estar formado por dos partes: el firmware para el nodo sensor y otro para el nodo coordinador.

En el sistema se debe poder recibir los datos de manera inalámbrica y contar con funciones o métodos capaces de interpretar la información que llega en el firmware del coordinador y realizar sus respectivas validaciones, además de trabajar en conjunto con las diferentes líneas de código de los otros componentes que se usarán.

### 3.7.2. Comparativa de tecnologías

Existen muchas opciones en tecnología inalámbrica que va a depender de las necesidades de la red, se toma como referencia para NodeMCU v2 el 802.11 b/g/n, el HC-5 para bluetooth y para Zigbee el Xbee s2c en parámetro de voltajes y corriente. En la siguiente tabla se muestra una comparativa entre las tecnologías inalámbricas más usadas:

**Tabla 9.** Comparación entre tecnologías inalámbricas.

<b>Tecnología</b>	<b>Velocidad de transmisión</b>	<b>Capacidad de red (nodos)</b>	<b>Rango(m)</b>	<b>Voltaje IN /Corriente OUT</b>
Zigbee	250 kbps	65000	10-100 m	3V a 3.4V / 30 mA
Bluetooth	3 Mbps	8	10 m	3.6V a 6V / 50 mA
802.11 b/g/n	54 Mbps	32	100 m	5V / 350 mA

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

Debido a la velocidad de transmisión, rango de alcance y capacidad de crear varios nodos que la tecnología WIFI ofrece, es la tecnología elegida para el desarrollo del proyecto. Tiene un rango aceptable en cuanto al promedio de las dimensiones de las áreas donde se realiza el estudio para transmitir los datos a los demás dispositivos.

Se enfatiza en su sencillo uso y la facilidad al incorporar más nodos a la red. Además, la capacidad que tiene de conectar varios dispositivos sin saturar la red final, es excelente para la elaboración del diseño del prototipo.

### 3.7.3. Comparativa de módulos de comunicación

Para diseño del prototipo se buscó seleccionar un microcontrolador con las opciones más económicas, de uso sencillo, de amplia variedad de información en la web y que brinde compatibilidad en cuanto a conexiones con distintos módulos. Como primera opción, se propone utilizar el protocolo Wi-Fi para la comunicación inalámbrica, como elemento principal se tiene a la placa de desarrollo ESP8266 encargada del procesamiento de los datos y de la subida de los mismos vía Wi-Fi a la plataforma IoT a seleccionar.

Los componentes a utilizarse para el diseño del prototipo de la red de sensores son: una placa ESP8266, un sensor de la calidad del aire, un sensor de humedad y temperatura, un LCD, un buzzer y su respectiva alimentación, materiales que se usaran en cada nodo, la pequeña desventaja que se tiene al trabajar con esta placa es la distancia al aire libre a diferencia del protocolo Zigbee, porque esta placa es ideal para sitios indoor.

**Tabla 10.** Comparación de módulos de comunicación inalámbricos.

Placa de desarrollo	Procesador	Eeprom / Sram	Vin	I / O Digitales	I / O Analógicas	Precio
Arduino UNO	ATmega 328	1KB / 2KB	7 – 12V	14	6	\$18
NodeMCU ESP8266	Tensilica L106	4MB / 32KB	3.3 – 5V	16	1	\$10
Raspberry PI ZeroW		4MB / 264KB	3.3 – 5V	26	0	60

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

Se escogido el microcontrolador NodeMCU ESP8266 para la realización del prototipo, por su fácil manejo con los pines. Normalmente este dispositivo es uno de los más usados para proyectos en pasarelas IoT con sensores. Por otro lado, el precio es más reducido en comparación al arduino y el Raspberry PI, siendo esto suficiente para empezar y aprovechar los recursos que brinda el fabricante en cuanto a software, tarjetas y librerías disponibles en su página oficial.

### 3.7.4. Comparativa de sensores



En el mercado existen diversos tipos de sensores como siendo los electroquímicos los más comunes, en cuanto a compatibilidad con NodeMCU se pueden encontrar algunos modelos ya sea en forma de módulo o únicamente el sensor.

**Tabla 11.** Comparación de sensores de la calidad del aire.

Modelo	Sustancia	Voltaje	Rango	Vida	Precio
<b>MQ-7</b>	GLP, propano, metano, alcohol, hidrógeno, humo, CO	5V	20ppm 2000ppm	– 5 años	\$5,00
<b>MQ-135</b>	Amoniaco, Alcohol, Sulfuro, Benceno, Humo, CO2	5V	10ppm 1000ppm	– 5 años	\$4,50
<b>ZPH01B</b>	Polvo, CO2, formaldehído, ozono, CO, COV, NO2,	5V	0ppm 5000ppm	– 5 años	\$140,00

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando*

El sensor ZPH01B está diseñado para el tipo de redes que se propone, pero además de tener un costo muy alto; no se encuentra fácilmente por lo que no se podría conseguir fácilmente.

El sensor MQ-7 y MQ-135 son parecidos referentes a la detección de sustancias como el humo y el alcohol, rango de detección y vida útil. El trabajo de investigación se basa medición de CO2 en el aire, estas pueden provocar enfermedades respiratorias como rinitis alérgicas y neumonías leves o severas, es por esta razón que se escoge el MQ-135, ya que tiene un rango de medición dentro de los parámetros aceptables que es lo que busca en el proyecto y su precio comparado con el ZPH01B es menor, también es capaz de detectar otros tipos de compuestos del que está hecho. El rango de detección es menor, en la práctica se puede calibrar este sensor regulando la sensibilidad del potenciómetro que posee en la parte posterior y dejarlo que realice mediciones antes de su uso por un periodo de entre 24 a 48 horas como lo indica el fabricante.

### 3.7.5. Esquema del sistema

Los sensores son los encargados de realizar las lecturas correspondientes del ambiente para enviarlas hacia el microcontrolador en donde se almacenarán las lecturas y se validará

si cumplen o no con la condición y ejecutar una acción en base a la decisión programada como se muestra en la figura 30.

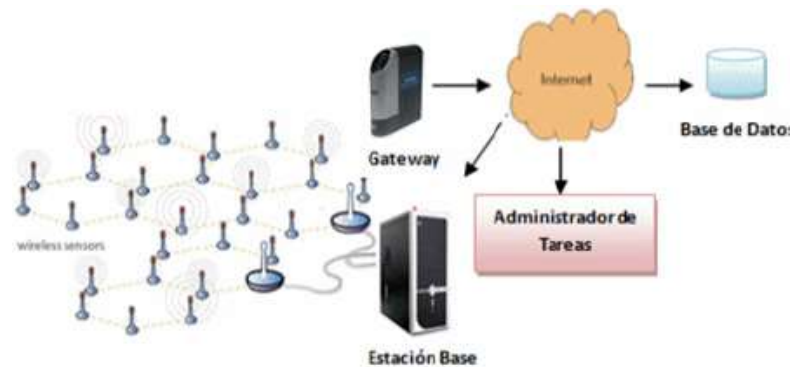


Figura 30. Estructura de una red de sensores. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.

Cuando el nodo sensor valida la condición programada, enviará una señal inalámbrica hacia el nodo coordinador que también realizará su comprobación y determinará si descarta los datos recibidos o habilita los actuadores que se encuentran en la capa de aplicación.

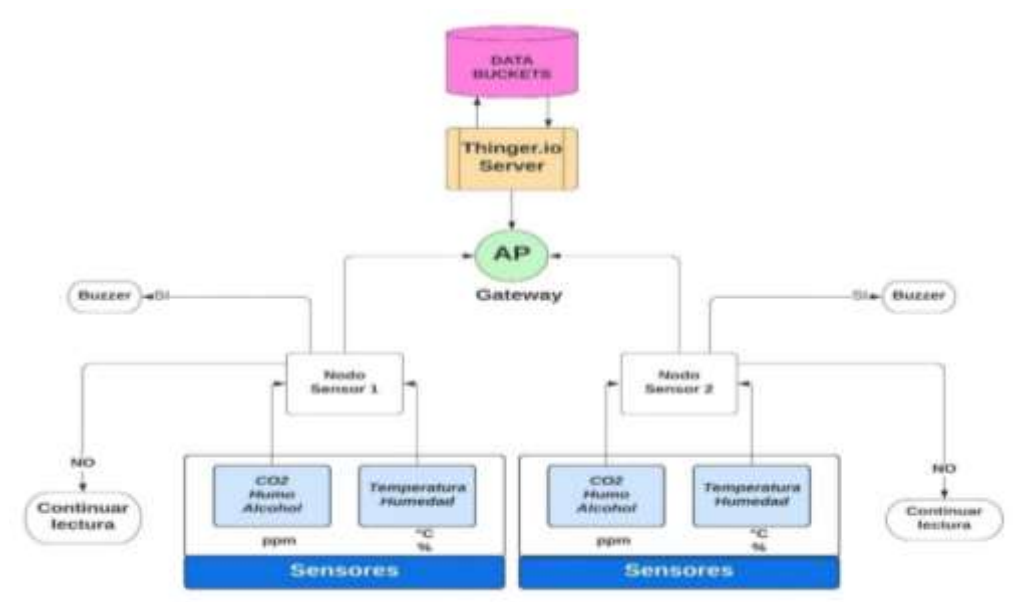


Figura 31. Esquema de funcionamiento. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.

### 3.7.6. Construcción de los nodos sensores

El nodo sensor, es el delegado para realizar las mediciones o hallar la presencia del agente contaminante que le fue dado, por medio del uso de dispositivos aptos para esta tarea, para posteriormente enviar esta información a través de una red Wifi a la plataforma Gateway IOT, la construcción del prototipo contempla dos nodos sensores y su elaboración está compuesta en 3 partes las cuales son: La elaboración del código y programación de cada nodo sensor en Arduino IDE para trabajar con NodeMCU, El registro en la plataforma IOT con sus respectivas credenciales, y las conexiones físicas de los sensores a su respectivo nodo.

### 3.7.7. Configuración de IDE Arduino habilitando NodeMCU

El microcontrolador NodeMCU puede ser programado haciendo uso del IDE de Arduino empleando su propio lenguaje. Dicho esto, se necesita hacer para la elaboración de los nodos sensores, es realizar cambios en la configurar Arduino IDE para poder trabajar con NodeMCU en la plataforma.

Empezamos y accedemos al IDE de Arduino y una vez dentro se busca la opción preferencias en la pestaña de archivo y se presentara un menú en el cual se tiene que pegar el siguiente enlace en el espacio denominado como gestor de URL adicionales de tarjetas: [http://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json)

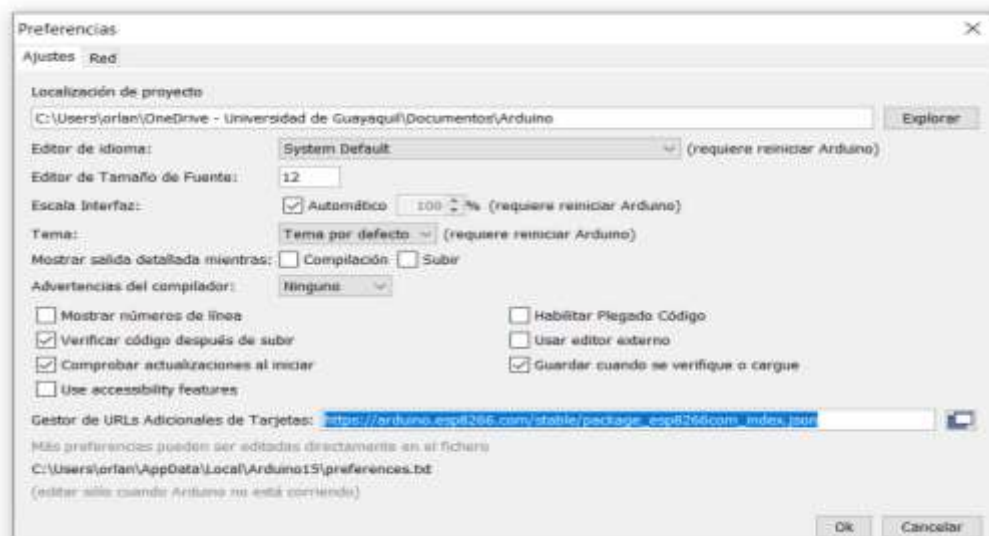


Figura 32. Menú opción preferencias par instalacion de nodemcu. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.

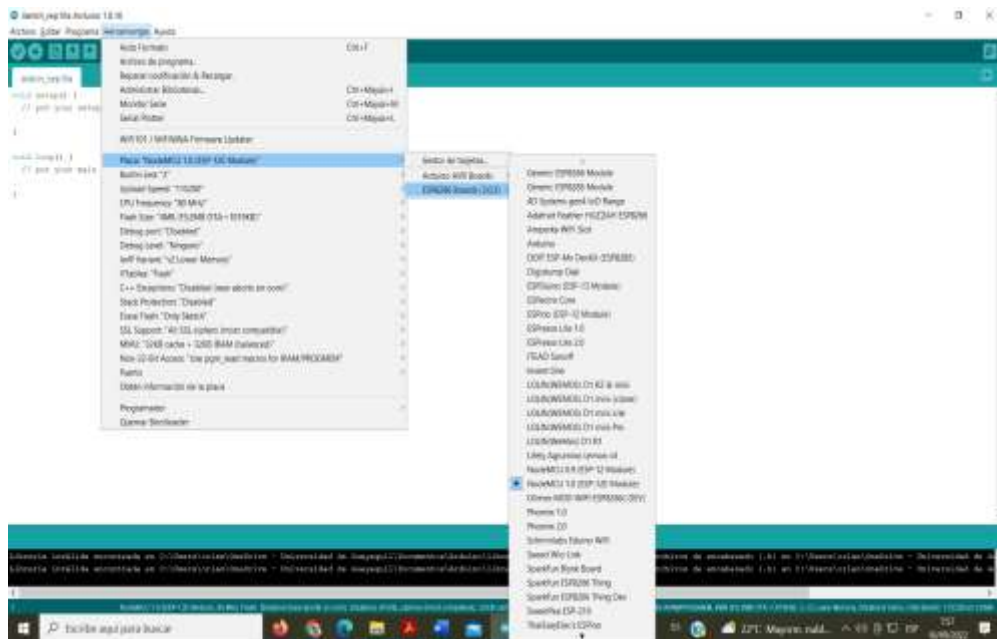
Habiendo realizado el paso anterior, procederemos abrir la pestaña herramientas e ingresar hasta la opción placa, luego seleccionamos gestor de tarjetas donde se abrirá un menú con un buscador para instalar librerías, aquí escribimos el nombre de la placa esp8266 y se selecciona la opción propia de ESP8266 community para proceder a instalarla



Figura 33. Menú opción / herramientas / gestor de tarjetas. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.

Para Finalizar la configuración, seleccionamos la placa de desarrollo que se va a utilizar en el mismo menú herramientas placas en la pestaña ESP8266 Boards, dentro de las opciones presentadas se elige NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) que corresponde a las versiones 2 y 3 de NodeMCU.

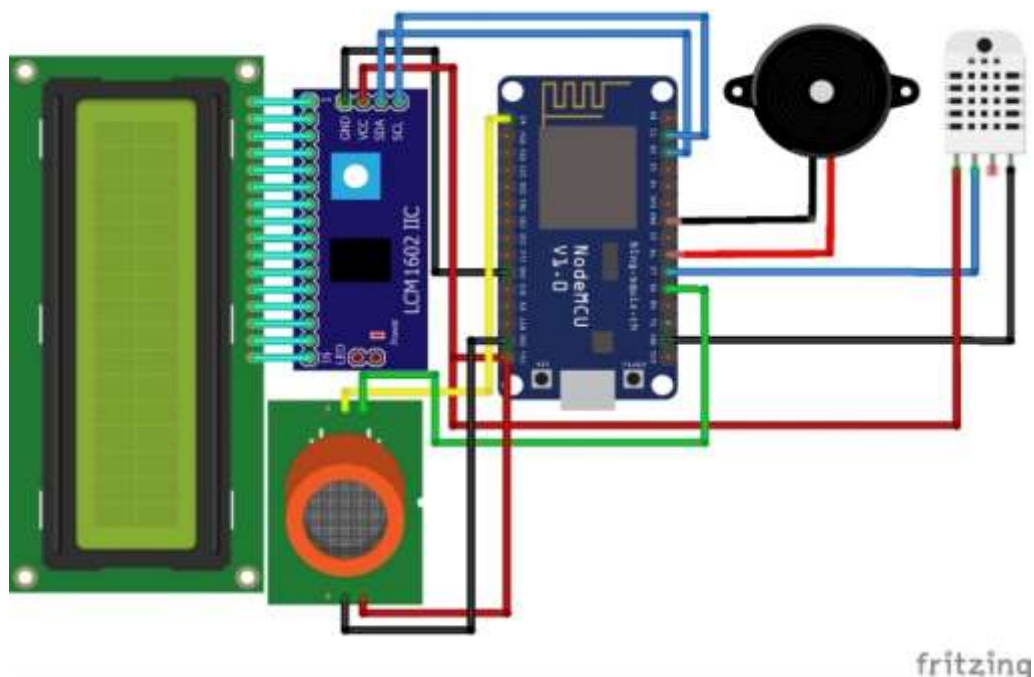
Una vez realizado todo el proceso, ya podemos conectar el NodeMCU al computador para empezar la programación del mismo, este ya será reconocido por el IDE, en este caso se trata de un NodeMCU V2.



*Figura 34. Menú opcion / herramientas / placas. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

### 3.7.8.Diseño del Prototipo

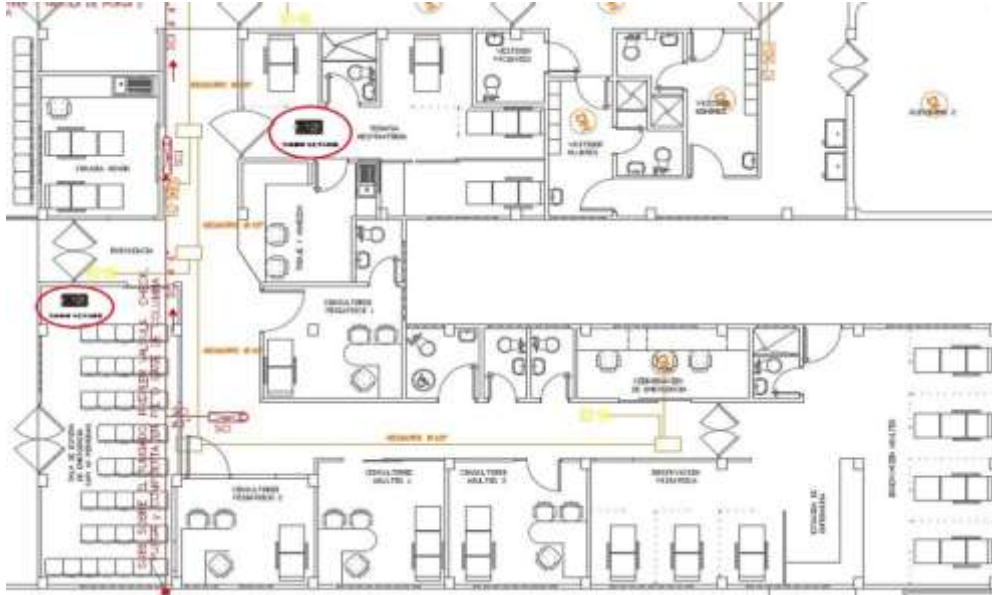
Con la ayuda de la herramienta Fritzinig se elaboró el diseño del diagrama de conexión de los componentes físicos al prototipo



*Figura 35. Nodo sensor elaborado en Fritzinig. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

### 3.7.9. Diseño de la red

En el Hospital Básico Durán las áreas más concurridas a diario son, laboratorio y triaje por lo que se vio recomendable situar los prototipos en esos sitios, los nodos sensores deben estar ubicados en zonas al interior de la casa de salud para poder monitorear cómo se comporta el aire en esos sitios cerrados de alto tráfico de personas.



*Figura 36. Diseño de red de sensores. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

### 3.7.10. Nodo sensor I

El nodo sensor I está destinado a controlar las áreas y entornos al interior del Hospital Básico Durán como el aérea de LABORATORIO con el objetivo de monitorear la calidad del aire, esto demostrara presencia de gases contaminantes que generen riesgo para la salud, esto es debido a que durante la fase de investigación se obtuvo como resultado que la los ambientes interiores cerrados cuentan con mayor incidencia de adquirir enfermedades del tracto respiratorio. El nodo estará elaborado con los siguientes elementos:

NodeMCU ESP8266 V2	1
Buzzer activo	1
sensor MQ-135	1
sensor DHT22	1
LCD 16x2 I2C	1

### 3.7.11. Nodo sensor II

El nodo sensor II al igual que el nodo sensor I, está destinado a controlar las áreas y entornos al interior del Hospital Básico Durán en este caso el nodo sensor II estará situado en el área de TRIAJE con el objetivo de monitorear la calidad del aire, esto demostrara presencia de gases contaminantes que generen riesgo para la salud, esto es debido a que durante la fase de investigación se obtuvo como resultado que la los ambientes interiores cerrados cuentan con mayor incidencia de adquirir enfermedades del tracto respiratorio. El nodo estará elaborado con los siguientes elementos:

NodeMCU ESP8266 V2	1
Buzzer activo	1
sensor MQ-135	1
sensor DHT22	1
LCD 16x2 I2C	1



*Figura 37. Componentes de nodos sensor I y II. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

### 3.7.12. Conexiones del nodo

Empezaremos con la conexión física de los componentes a los nodos sensores con el procesador de señales, el primer componente a conectar será el sensor DHT22, este sensor cuenta con 3 pines que corresponden a Vcc, Gnd y Out, siendo los dos primeros los pines de alimentación del sensor y el último el pin para la salida de datos digital, de esta manera los pines Vcc y Gnd irán conectados con los pines de 5V y Gnd o tierra del NodeMCU y seguido el ping digital del sensor hará uso del pin D7 de la placa.



Una vez conectado el sensor DHT22 de temperatura y humedad, proseguimos con sensor MQ-135, este sensor está compuesto de 4 pines que corresponden a Vcc, Gnd, D0 y A0, siendo los dos primeros los pines de alimentación a 5V, el D0 el pin de salida digital y el A0 un pin de salida de datos analógicos.

Como se conoce el pin Gnd del sensor ira conectado con alguna de las tierras de la placa, el sensor MQ-135 se alimenta con una tensión de 5V misma que NodeMCU no suministra dado que el módulo ESP8266 trabaja con 3.3V, por esta razón, y para que el sensor pueda ser alimentado se debe conectar al pin Vin de la placa, este pin sirve para alimentar la placa con voltajes de hasta 12V que serán transformados por el regulador interno del NodeMCU en los 3.3V con los que trabaja el módulo ESP8266, pero si la placa es alimentada por el puerto Micro USB entonces el puerto Vin funciona como suministrador de 5V por lo que puede ser aprovechado por el MQ-135, en este panorama la conexión se realizaría directamente con la fuente. Finalmente, el pin A0 se conectará al único pin analógico con el que cuenta NodeMCU que es el pin A0, para el funcionamiento del sistema es alternativa si se requiere conectar el pin digital del MQ-135 ya que no es necesario.

Para terminar, la conexión del buzzer activo, se conectará el pin positivo de este al pin digital D6 de NodeMCU, mientras que el pin negativo debe conectarse en alguno de los pines Gnd de la placa, el buzzer solo será activado si la condición que programo es validada por el sistema.



*Figura 38. Prototipo nodo sensor armado. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*



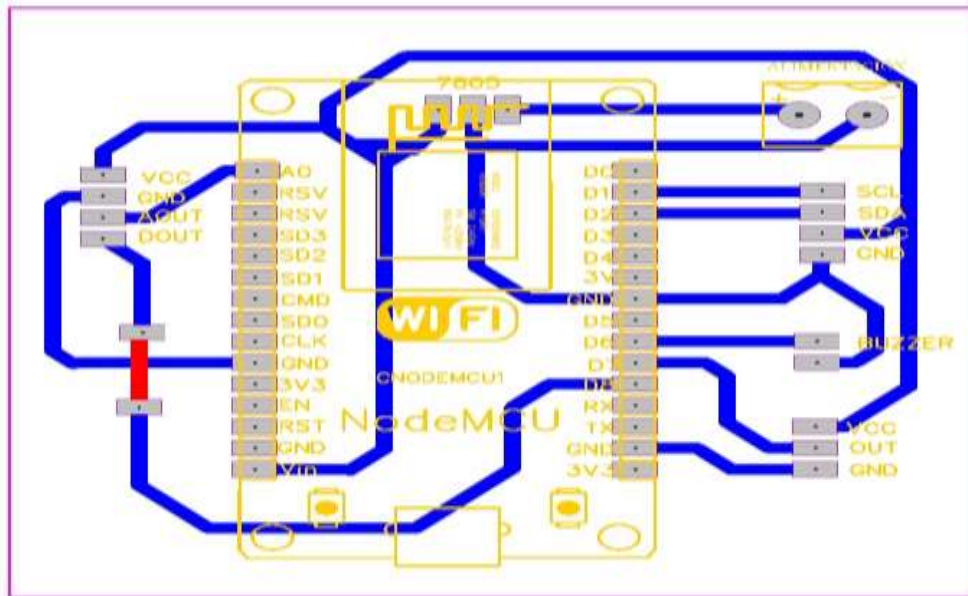


Figura 39. Esquema de conexión placa pvc nodos sensor. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.

### 3.7.13. Elaboración del código.

Ahora procederemos a la elaboración del código en el Arduino IDE para ambos nodos, ya que usan los mismos elementos:

```

FINAL-CODE-THINGER-IO Arduino 1.8.16
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

FINAL-CODE-THINGER-IO
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

#include <DHT.h>
#define DHTPIN D7
#define DHTTYPE DHT22

// Definición del dispositivo ESP8266
#define Device "Hernandez" // nombre de dispositivo
#define Id_Disp "Hodemcu1" // id puesto en ThingSpeak al agregar dispositivo
#define Credenciales_Disp "Hodemcu1" // credencial puesto en ThingSpeak al agregar dispositivo

// Definición de nuestra red wifi
#define wifi_ssid "*****" // Tu red wifi
#define wifi_pass "*****" // Tu clave wifi
const char(DHTPIN, DHTTYPE);

ThingSpeak tsk = ThingSpeak(Url, Id_Disp, Credenciales_Disp);

// Definición de pines de salida
#define DOUT D6
float t;
float h;
int Gas;
int Int_senai;

void setup() {
  // Se inicializa la comunicación serial
  Serial.begin(9600);
  delay(10);
}

void loop() {
  // Se lee el sensor de temperatura y humedad
  float t = DHT.readTemperature(1);
  float h = DHT.readHumidity(1);
  int Gas = A0;
  int Int_senai = A1;

  // Se envía los datos al ThingSpeak
  tsk.writeField("Temperatura", t);
  tsk.writeField("Humedad", h);
  tsk.writeField("Gas", Gas);
  tsk.writeField("Int_senai", Int_senai);

  // Se envía los datos al LCD
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temperatura: ");
  lcd.print(t);
  lcd.print("Humedad: ");
  lcd.print(h);
  lcd.print("Gas: ");
  lcd.print(Gas);
  lcd.print("Int_senai: ");
  lcd.print(Int_senai);

  delay(1000);
}

```

Figura 40. Código de programación arduino ide. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.



*Figura 41. Código de programación 2 arduino ide. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

### 3.7.14. Configuración de plataforma IOT Thinger.io.

La plataforma IOT que se va a utilizar para visualización de la información sensada es Thingier.io, la plataforma ofrece una versión gratuita con limitaciones, entre las más importantes la posibilidad de enlazar solo dos dispositivos a la misma, sin embargo, a pesar de esto brinda una lectura de recursos sin limitaciones en cada dispositivo, esto quiere decir que cada nodo puede albergar una cantidad de sensores únicamente limitada por la propia placa con la que se trabaje.

Para poder empezar a transmitir los datos a la página y que esta sea mostrada, primero se debe crear un usuario en Thingier.io y realizar las verificaciones pedidas por la plataforma, una vez hecho entrar a la ventana principal de Thingier.io que mostrara el número de dispositivos que se tienen conectados de acuerdo al plan contratado, el número máximo de cubo de datos y tablas así como la cantidad existente que se haya creado y finalmente la cantidad de puntos finales configurados, además de datos de localización y transmisión.

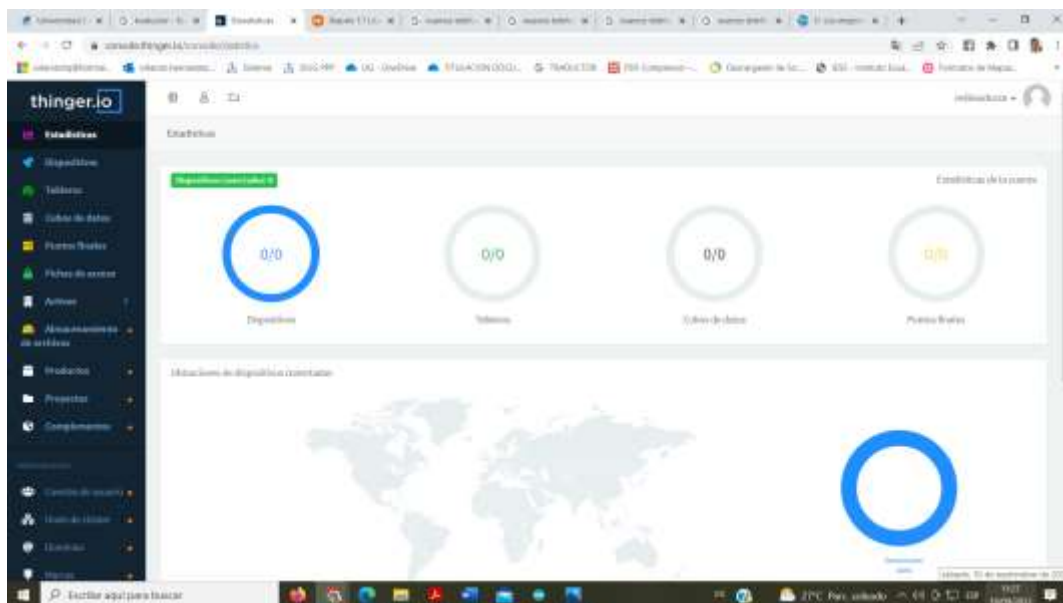


Figura 42. Configuración de nodos Thinger.io. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.

Ahora lo que se va a hacer, es la configuración de los dispositivos para que Thinger.io pueda reconocerlos y enlazarse con estos, esto se hace en la opción device en el menú que se muestra en lado izquierdo de la pantalla, una vez dentro se da clic en el botón verde llamado Add device y se mostrara una pestaña de configuración como la mostrada en la figura 39.

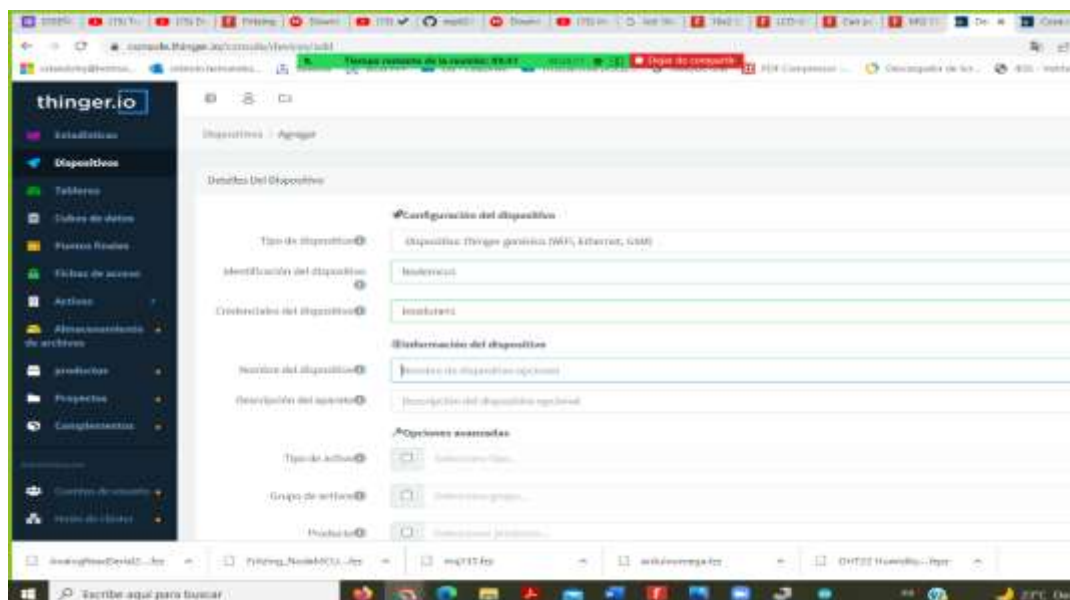


Figura 43. Creación de ID y credenciales Thinger.io. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.

En esta pestaña se define bajo que parámetros Thinger.io reconocerá y enlazará con los dispositivos, en este punto los campos que se deben llenar son:

- **Device Type:** corresponde al tipo de dispositivo o placa que se emplea, para el desarrollo de este prototipo corresponde a un NodeMCU ESP8266, por lo que se selecciona la opción generic thinger device.
- **Device Id:** en este campo se escribe el nombre con el que se identificara el dispositivo en el momento de su conexión con Thinger, en la codificación de los nodos sensores corresponde a la variable denominada como Id\_Dis.
- **Device credentials:** Aquí se escribe un tipo de clave o código de enlace que permitirá la autenticación del dispositivo, en la codificación de los nodos sensores la variable denominada Credenciales\_Dis corresponde a este parámetro.
- **Device description:** Este campo es opcional, pero permite aclarar la función del dispositivo conectado.

Una vez finalizado este proceso se da clic en el botón verde Add Device e ingresara de manera automática a la información del dispositivo donde se puede observar entre otras cosas el estado de la conexión, la transmisión de bits desde iniciada la conexión, ubicación geográfica del dispositivo conectado y tiempo de conexión. Este proceso se debe hacer para cada dispositivo o nodo sensor que se quiera conectar.

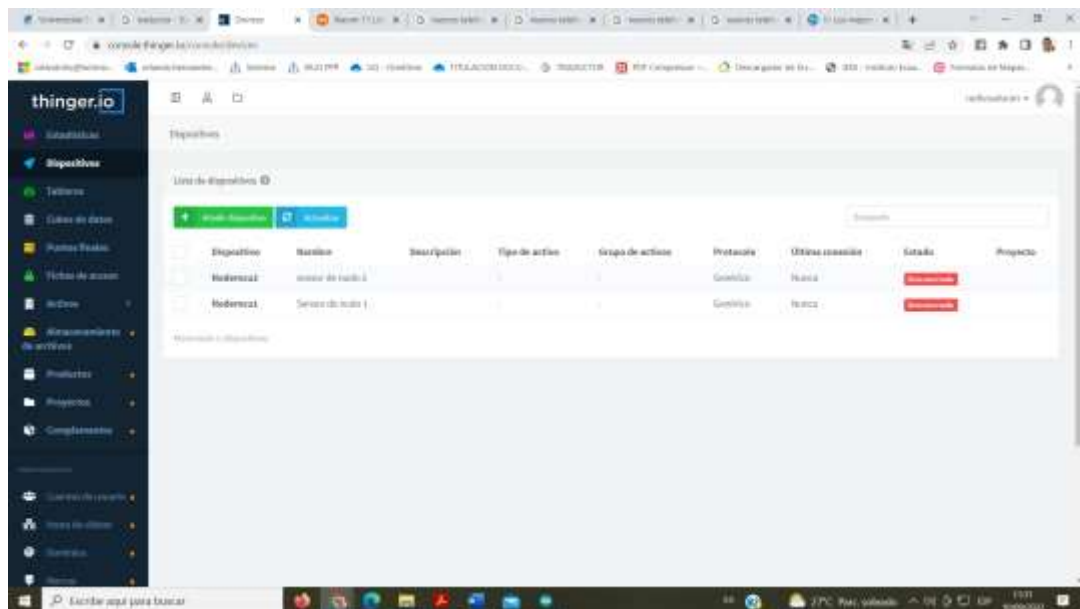
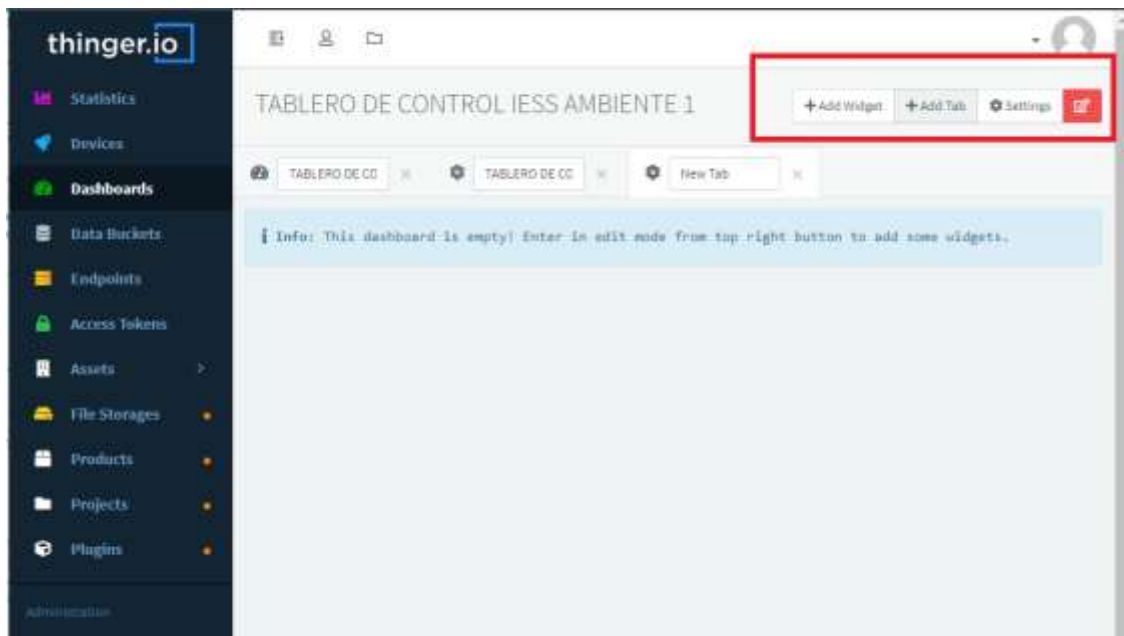


Figura 44. IOT Thinger.io. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.

Finalizado el proceso anterior, los nodos sensores se han convertido en esclavos de la plataforma Thinger.io, proporcionándole la información obtenida por sensor, ahora para

poder visualizar esta información de manera gráfica, se debe configurar un dashboard, para lo cual se accede a la opción Dashboard del menú izquierdo de la pantalla, se presentara una pantalla con la información y nombre de cada dashboard configurado en caso de existir, para agregar uno nuevo, se da clic en el botón verde llamado Add Dashboard y se mostraran 3 parámetros a llenar que piden nombre, identificador y descripción del dashboard que se desea crear.



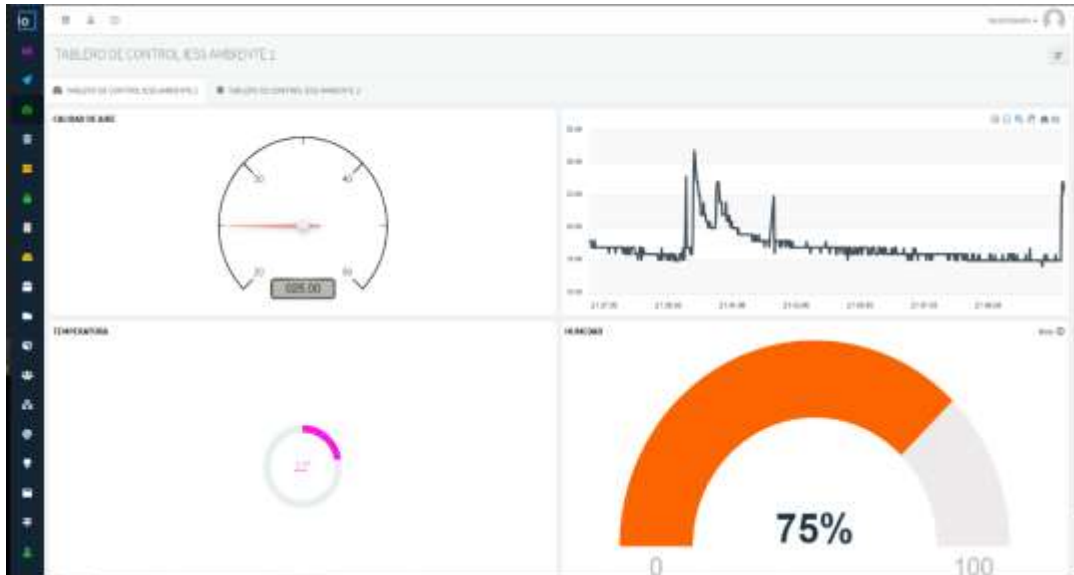
*Figura 45. Creacion del dashboard Thinger.io. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

Luego de creado el Dashboard se accederá de forma automática a este, la pantalla que se presenta indica que está vacía pues no hay ningún widget configurado, para poder editar el Dashboard hay que dar clic en un botón ubicado en la esquina superior derecha y se presentaran 3 opciones para añadir widget, tablas o la configuración del propio dashboard.

### **3.7.15. Pruebas de funcionamiento.**

#### **3.7.15.1. Conexión con Thinger.io**

Se enlaza los nodos sensores con la plataforma Thinger.io y se configura la misma para reconocerlos y empezar el proceso de comunicación entre los nodos con la plataforma, si el enlace se ha realizado correctamente Thinger.io debe indicar el estado de los nodos como conectado como se observa en la figura



*Figura 46. Pruebas de conexión Thingier.io. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

Una vez comprobada la conexión con Thingier.io, se realizará el envío de datos a la plataforma para verificar que esta se está comunicando con los nodos sensores, los datos que se enviarán serán las mismas lecturas realizadas por los nodos. Esta información es proporcionada por Thingier.io junto a la información de cada dispositivo o nodo conectado como se aprecia en la figura



*Figura 47. Pruebas de conexión nodo sensor transmitiendo. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

Ahora se comprobará la presentación de estos datos de manera visual en el dashboard de Thinger.io o en la aplicación de móvil de los nodos sensores, de ser positivo se comprueba que la conexión entre el nodo y la plataforma está funcionando de manera correcta.

#### **3.7.15.2. Transmisión y recepción de datos**

Se usarán dos instantes de tiempo que son: 30 minutos desde que el dispositivo se conectó con la plataforma, y una hora después, la finalidad de esta prueba es comprobar cuantos datos se han transmitido a la plataforma y cuantos se han recibido desde ella con la finalidad de tener una estimación de estos valores.

A los 35 minutos de establecerse la conexión, el nodo sensor 1 arroja una transmisión de 19.1kB, mientras que una recepción de solo 254 Bytes.

60 minutos luego de empezar la conexión el mismo nodo muestra una transmisión de 20.2 KB, mientras que una recepción de solo 680 Bytes, es decir que se trata de un crecimiento de aproximadamente el doble de datos que en la medición anterior.

Finalmente, se completa esta prueba con los valores de transmisión y recepción del nodo sensor 1 luego de una hora de haberse establecido la conexión.

La transferencia de datos del nodo sensor 2 es exactamente igual a la del sensor 1 los, esto se debe a que el nodo sensor 2 hace uso de los mismos componentes y tiene la misma función del nodo 1, recopilar datos de la temperatura y humedad del ambiente, así como los posibles gases contaminantes que deterioran la calidad del aire.

#### **3.7.16. Comprobación de la hipótesis**

De esta manera comprobamos que se cumple con la hipótesis planteada, puesto que para el diseño de un prototipo de red de sensores para el monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores del Hospital Básico Durán, se ha empleado la tecnología de transmisión inalámbrica Wifi complementada con la pasarela IOT thinger.io obteniendo como resultado que el sistema sea amigable y de sencillo utilización, situado en distintas áreas del Hospital estableciendo especial atención en las área de triaje y laboratorio, dado que se trata de aquellas áreas con mayor flujo de personas en área de espera, verificando el monitoreo de temperatura y humedad y de gases agentes de riesgo produciendo una alerta sonora en el caso de detectar niveles excesivos superando el rango normal establecidos de acuerdo con lo investigado.

#### **3.7.17. Conclusiones**



- ❖ Tras el proceso de investigación, se concluye que los riesgos presentes en el ambiente interior de un hospital van desde una temperatura anormalmente elevada dada la poca ventilación del espacio, hasta poco mantenimiento de las áreas en el centro hospitalario, situaciones que pueden terminar con muchas personas con enfermedades del tracto respiratorio si no se controlan o evitan a tiempo, se determinó también que muchos factores de riesgo están presentes de manera casi permanente en ciertas áreas del Hospital convirtiéndose en puntos críticos para la aparición de agentes contaminantes que pueden ir en una escala leve hasta graves que comprometan la vida de la persona.
- ❖ Se determina que, para la correcta elaboración del diseño del sistema de sensores, la elección de la tecnología de transmisión de datos es la parte fundamental del proceso, dado que, a partir de esta elección, la selección de herramientas de código abierto toma un enfoque más certero, así mismo, el uso de software y hardware libre ofrece mayor libertad de elección, además de estar altamente documentada en la web facilitando en gran medida la elaboración del diseño.
- ❖ Luego de la elaboración del prototipo se puede llegar a la conclusión de que la elección de la placa NodeMCU ESP8266 como pieza central para el desarrollo de los nodos sensores, es una elección apropiada para el desarrollo de redes de sensores dado que cuenta con conectividad Wifi integrada lo que evita tener que costear un módulo dedicado aparte, un costo de mercado más bajo que las demás opciones disponibles, además de ser compatible con el entorno Arduino IDE y sus módulos gracias a su característica de código abierto.
- ❖ El uso de la plataforma IOT Thingier.io, es una opción viable para el desarrollo de proyectos IOT dado que ofrece un entorno completo de trabajo donde gestionar la información recibida de los dispositivos vinculados, presentarlos en algún widget a elección de su repertorio, configurar End point, entre otras cosas, sin embargo, su limitación de solo dos dispositivos en su versión gratuita supone una gran limitante de la escala de los proyectos.



### 3.7.18. Recomendaciones

- ❖ Se aconseja adecuar una correcta ventilación en el centro hospitalario, también el uso de sistemas de purificación de aire en las áreas que representan un mayor riesgo de aparición de enfermedades, y priorizar la lectura de aquellos agentes que pueden provocar altercados con mayor facilidad como es el caso del CO<sub>2</sub>.
- ❖ Para la elaboración de diseños de redes de sensores, es preferible el uso de tecnologías de transmisión de datos conocidas o de uso común como Wifi, Bluetooth y ZigBee, dado que cuentan con numerosa documentación además de tener compatibilidad con una gran cantidad de dispositivos y entornos de desarrollo.
- ❖ Es conveniente el uso de la placa NodeMCU incluso si se cuenta con un Arduino, por encima de los módulos ESP8266, dado que, por un precio similar, con NodeMCU se cuenta con todo un entorno de desarrollo a la par de Arduino, además de poder conectar ambas placas por medio de conexión serial, dicho esto se recomienda el uso de las Versiones de Amica y Lolin de NodeMCU, también llamadas V2 y V3.
- ❖ Para proyectos IOT que aspiran a ser de gran escala, es aconsejable contratar el paquete Small de thinger.io ya que no cuenta con límite de dispositivos que se pueden conectar, por otro lado, el uso de servidores propios para el envío y presentación de datos constituyen una alternativa clara para llevar a cabo proyectos de redes de sensores.
- ❖ Para futuros proyectos se recomienda el uso de la domótica conectado a la IOT para el control de la climatización y la ventilación en áreas cerradas en conexión con el prototipo desarrollado, lo que permite ampliar sus funcionalidades, a través de sistemas escalables o modulares, según las necesidades del cliente, con el que se conseguiría ahorro de costes, energía y emisiones contaminantes.

ANEXOS

## Anexo 1

## Carta de autorización Hospital Básico Durán

Duran, lunes 11 de Julio del 2022

Dr. Cesar Aguilar

Director Médico Hospital Básico Durán

Ciudad. -

*Acepto*  
*Juan Orlando Hernández Quintón*  
 HOSPITAL BÁSICO DURÁN  
 Cesar Aguilar Safadi  
 Jefe de Departamento Administrativo

De mis consideraciones;

Por medio del presente, yo JUAN ORLANDO HERNÁNDEZ QUINTON con C.I. 09206658-5, solicito a usted de manera cordial y respetuosa se me autorice realizar los trabajos de investigación pertinentes para mi tema de tesis "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES INTERIORES DEL HOSPITAL BASICO DURAN".

De antemano agradezco por la atención prestada a la presente.

Atentamente,

  
 Juan Orlando Hernández Quintón

092066582-5

HOSPITAL BASICO DURAN  
 Ab. Alicia Trujillo Macías  
 TALENTO HUMANO



HOSPITAL BÁSICO DURÁN  
 SECRETARIA  
 DIRECCIÓN MÉDICA  
 RECIBIDO  
 FECHA: 11/07/2022 HORA: 2:50  
 CON ANEXO: ☐  
 SIN ANEXO: ☐  
 FUNCIONARIO QUE RECIBE: 

Figura 48. Carta de autorizacion Hospital Básico Durán. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.

## Anexo 2

### Código de programación de prototipo en Arduino IDE

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ThingyESP8266.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

#include "DHT.h"
#define DHTPIN D7
#define DHTTYPE DHT22

//Parámetros del dispositivo ESP8266
#define Usuario "tesisOrlando" //usuario Thingy
#define Id_Dispatch "Nodemcu1" //Id puesto en Thingy.io al agregar dispositivo
#define Credenciales_Dispatch "Nodemcu1*" // credencial puesto en Thingy.io al agregar
dispositivo

// Parámetros de nuestra red wifi

#define wifi_ssid "*****" // Tu red wifi
#define wifi_pass "*****" // Tu clave wifi
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

ThingyESP8266 thing(Usuario, Id_Dispatch, Credenciales_Dispatch);

#define Buzzer D6

float t;
float h;
int Gas;
int Int_Señal;
```

```

void setup() {
  //Se incializa la comunicacion serial
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
  //inicianos lcd
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  //lcd.clear();

  thing.add_wifi(wifi_ssid, wifi_pass); //inicializa la comunicacion WIFI con la API

  thing["SENSORES"] >> [](pson & out) {
    //lectura de datos de la API
    out["GAS"] = Gas;
    out["TEMPERATURA"] = t;
    out["humedad"] = h;
    out["Señal Wifi"] = Int_Señal;
    //out["Alerta_GLP"] = Alerta;
  };

  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print("Gas: ");
  lcd.setCursor (0,1);
  lcd.print("T:");
  lcd.setCursor (8,1);
  lcd.print("H: ");

  pinMode(Buzzer, OUTPUT);
  digitalWrite(Buzzer, LOW);

}

```

```
void loop() {  
  //lcd.clear();  
  thing.handle();  
  
  Gas = analogRead(A0); // Lee la presencia de Gas  
  h = dht.readHumidity();  
  t = dht.readTemperature();  
  
  lcd.setCursor (5,0);  
  lcd.print(Gas);  
  lcd.setCursor (2,1);  
  lcd.print(t);  
  lcd.setCursor (12,1);  
  lcd.print(h);  
  if(Gas>25){  
    digitalWrite(Buzzer, HIGH);  
    delay(2000);  
    digitalWrite(Buzzer, LOW);  
  }  
  // digitalWrite(Buzzer, HIGH);  
  // delay(1000);  
  // digitalWrite(Buzzer, LOW);  
  delay(1000);  
  
}
```

### Anexo 3

#### Entrevista con el responsable del Área de TIC Ing. Jorge Ochoa



*Figura 49. Reunion con responsable del área de TIC. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

### Anexo 4

#### Entrevista con el responsable del Área de estadística Ing. Libia Mora



*Figura 50. Reunion con responsable del área de estadística. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

## **Anexo 5**

**Encuesta dirigida al personal médico, administrativo y usuarios del Hospital Básico Durán, acerca del diseño de un prototipo de red de sensores para el monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores de centros hospitalarios.**

1. ¿Conoce usted sobre la contaminación del Aire?
2. ¿Cree usted que existirían consecuencias para la salud de las personas al estar dentro de un sitio cerrado donde exista mala calidad del aire?
3. ¿Considera usted que debería existir una buena calidad del aire al interior de los centros hospitalarios?
4. ¿Se ha sentido descompensado en el interior de un Hospital por falta de ventilación adecuada?
5. ¿Ha escuchado sobre las redes de sensores inalámbricos empleado para el monitoreo de niveles de contaminación del aire?
6. ¿Cree que, al implementar este tipo de tecnología en el área médica ayude a moderar los niveles de la calidad del aire existente dentro de los Hospitales?
7. ¿Conoce algún Hospital que haya implementado este tipo de tecnología?
8. ¿Piensa usted que este tipo de proyectos contribuyen en la mejora de normas o reglamentos para el control de los niveles de calidad del aire en ambientes interiores en Hospitales y que aporte a un mejor desenvolvimiento de las actividades que se realizan en ella?

## **Anexo 6**

**Cuestionario para la entrevista al Dr. Iván Reyes Cirujano General del Hospitala1 Básico Durán, acerca del diseño de un prototipo de red de sensores para el monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores del Hospital Básico Durán.**

Se plantea el siguiente cuestionario de preguntas para la entrevista:

1. **¿Conoce usted sobre la contaminación del Aire? ¿Cómo podría definirla?**

Se define por diferentes factores propios del ambiente, y por la intervención humana con la invención de maquinarias e industrias que producen gases contaminantes.

2. **¿Considera usted que es importante la calidad del aire al interior de los centros hospitalarios? Explique su respuesta**

Es muy importante contar con calidad de aire adecuada para evitar infecciones en los pacientes y en el personal en general, sobre todo las neumonías nosocomiales.



- 3. ¿Cree usted que existirían consecuencias para la salud de las personas al estar dentro de un sitio cerrado donde exista mala calidad del aire?**

Si.

- 4. ¿De qué manera usted cree que afecta a las personas estar en un ambiente interior donde la calidad del aire no sea apropiada? Explique su respuesta**

Las consecuencias serían, enfermedades de tipo respiratorias que pueden variar desde una rinitis alérgica hasta neumonías complicadas o severas.

- 5. ¿Usted ha percibido algún tipo de problema en la calidad del aire al dentro del Hospital? ¿Cuáles serían las principales causas de la misma?**

Durante los dos últimos años, hemos presenciado daños en la climatización de las diferentes áreas hospitalarias, lo que conlleva primeramente a una incomodidad, sofocación y problemas respiratorios irritativos.

- 6. ¿En qué puede influir en las personas que realizan actividades diarias en un Hospital estar expuesto constantemente a este tipo de contaminación en el aire?**

Primero causa malestar, lo que se ve enfocado en la calidad de atención al usuario que lo requiere

- 7. ¿Considera importante la implementación de un sistema que monitoree la calidad del aire en el ambiente interior del Hospital Básico Durán, y permita tomar correctivos en cuanto al tema? Explique su respuesta**

Sería muy importante medir la calidad del aire, valorar el grado de contaminación el mismo que nos permita tomar medidas para su purificación.

- 8. ¿Ha escuchado sobre las redes de sensores inalámbricos empleado para el monitoreo de niveles de contaminación del aire? ¿Conoce algún Hospital que lo haya implementado?**

No

- 9. ¿Cree que al implementar este tipo de tecnología en áreas determinadas ayude a moderar los niveles de la calidad del aire existente en el hospital Básico Durán? ¿Cómo?**

Obteniendo datos reales de tipo de contaminante y de acuerdo a ello se puedan tomar las acciones correctivas como, por ejemplo, colocando purificadores de aires en las áreas requeridas.

- 10. A su criterio ¿Piensa usted que este tipo de proyectos contribuyen en la mejora de normas o reglamentos para el control de los niveles de calidad del aire en**

**ambientes interiores en Hospitales y que aporte a un mejor desenvolvimiento de las actividades que se realizan en ella?**

Por supuesto, al preocuparse por mantener un ambiente libre de contaminación promueve un mejor desenvolvimiento en el Hospital y evitar las complicaciones respiratorias en los trabajadores y pacientes.



*Figura 51. Entrevista con el Medico. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

## **Anexo 7**

**Cuestionario para la entrevista dirigido a expertos Ing. Ángel Plaza, acerca del diseño de un prototipo de red de sensores para el monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores del Hospital Básico Durán.**

### **1. ¿Conoce usted sobre la contaminación del Aire? ¿Cómo podría definirla?**

Tal como se lo analiza, es la presencia de partículas o contenido gaseoso que pueden generar daño o molestia a las personas y otros elementos del medio ambiente.

### **2. ¿Considera usted que en la actualidad existen problemas en la calidad del aire en sitios cerrados como hospitales, debido a la falta de monitoreo y control del aire?**

El problema de contaminación es constante en la actualidad, tanto en sitios abiertos como cerrados. El control de la calidad del aire en lugares cerrados con gran concurrencia debería ser un punto importante en el análisis de gestión de riesgo.

### **3. ¿Usted cree que existirían consecuencias para en la salud al estar dentro de un sitio cerrado donde no exista un sistema adecuado del control del aire?**

Existe una relación entre la pobre calidad del aire en espacios cerrados y los riesgos de infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón.

**4. ¿Cree usted que mediante una red de sensores inalámbricos se puedan monitorear los diferentes tipos de contaminantes? Explique su respuesta**

Luego de un estudio completo de los elementos involucrados y situación del entorno, si es posible desarrollar diversas herramientas para llevar a cabo el monitoreo respectivo.

**5. ¿Qué tipo de red recomienda usted utilizar a nivel de sensores para monitorear la calidad del aire en ambientes cerrados?**

Eso lo tendría que determinar el estudio piloto, de acuerdo con situación tecnológica y de comunicación del ambiente cerrado.

**6. ¿Considera importante la implementación de un sistema que monitoree la calidad del aire en el ambiente interior de los Hospitales? Explique su respuesta**

Por supuesto, como se mencionó por la relación entre la pobre calidad del aire en espacios cerrados y los riesgos de infecciones respiratorias.

**7. ¿Considera usted recomendable las redes de sensores inalámbricas para el monitoreo de niveles de contaminación del aire? ¿Conoce algún Hospital que lo haya implementado?**

Es recomendable en entornos donde se posea los equipos necesarios para mantener la comunicación siempre activa. No conozco mucho sobre ese aspecto en los hospitales.

**8. ¿Cree que, al implementar este tipo de tecnología en el área médica ayude a moderar los niveles de la calidad del aire existente dentro de los Hospitales? ¿Cómo?**

La ayuda será en el proceso de monitorear y presentar alertas tempranas. El proceso de moderar implica desarrollo de políticas y acciones dentro de la entidad.

**9. A su criterio ¿Piensa usted que este tipo de proyectos contribuyen en la mejora de normas o reglamentos para el control de los niveles de calidad del aire en ambientes interiores en Hospitales y que aporte a un mejor desenvolvimiento de las actividades que se realizan en ella?**

Por supuesto, el planteamiento de este tipo de estudios o desarrollo de prototipos en esta área permiten obtener resultados que justifiquen una verdadera inversión en actualización de control y prevención de ambientes contaminados.



*Figura 52. Entrevista al experto tecnologico. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

## Anexo 7

### Área de laboratorio



*Figura 53. Área de laboratorio Hospital Básico Durán. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

## Anexo 8

### Pruebas de funcionamiento en el área de laboratorio



*Figura 54. Pruebas de funcionamiento área de laboratorio Hospital Básico Durán. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

## Anexo 9

### Pruebas de funcionamiento en el área de laboratorio



*Figura 55. Pruebas de funcionamiento área de laboratorio. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

## Anexo 10

### Pruebas de funcionamiento en el área de triaje



*Figura 56. Pruebas de funcionamiento área de triaje Hospital Básico Durán. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

## Anexo 11

### Pruebas de funcionamiento en el área de triaje

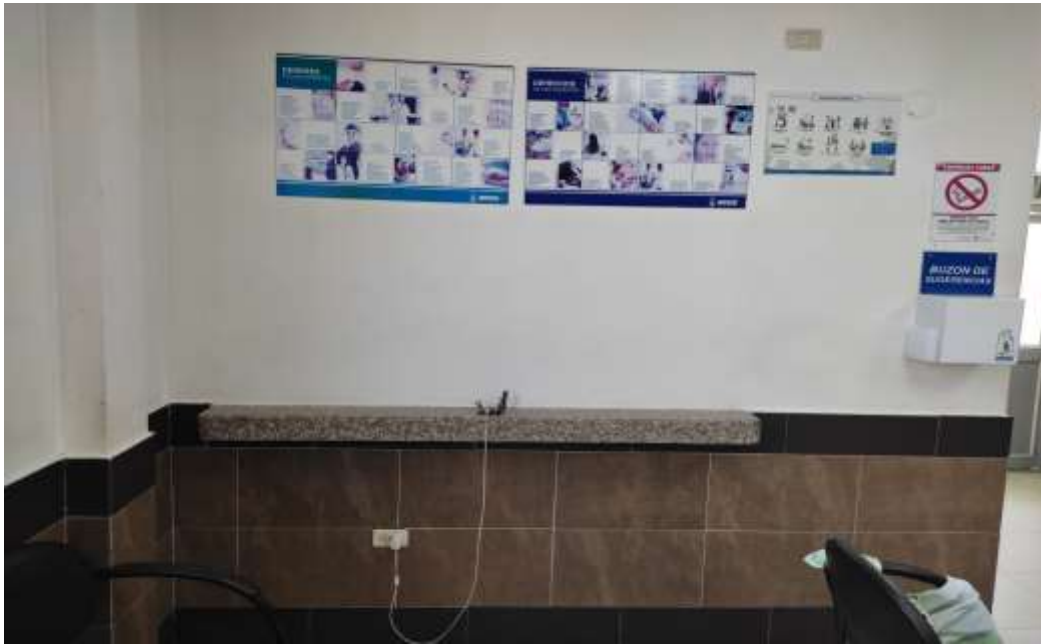


*Figura 57. Pruebas de funcionamiento área de triaje Hospital Básico Durán. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*



## Anexo 12

### Pruebas de funcionamiento en el área de triaje



*Figura 58. Pruebas de funcionamiento en área de triaje. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*



*Figura 59. Pruebas de funcionamiento del prototipo. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Hernández Quinton Juan Orlando.*

## Bibliografía

- Buettrich, S., & Escudero, A. P. (2018). *Topología e Infraestructura Básicalogía e Infraestructura Básica de Rede Redesdes Inalámbricas Inalámbricas*. El Callao: Universidad nacional del Callao  
[https://www.unac.edu.pe/images/inventario/documentos/manuales/topologia-e-infraestructura\\_guia\\_v02.pdf](https://www.unac.edu.pe/images/inventario/documentos/manuales/topologia-e-infraestructura_guia_v02.pdf)
- Abreú, J. (2015). Análisis al Método de la Investigación. *International Journal of Good Conscience*, 10.
- Abreu, J. L. (2015). *Análisis al Método de la Investigación*. Nuevo Leon: Facultad de Administración y Contaduría Pública de la Universidad Autónoma de Nuevo León.  
[http://www.spentamexico.org/v10-n1/A14.10\(1\)205-214.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n1/A14.10(1)205-214.pdf)
- Air Central Texas. (2022). *Sensores de Calidad del Aire*. Texas: CAPITAL AREA COUNCIL OF GOVERNMENTS. Recuperado el 05 de 07 de 2022, de [aircentraltexas.org](https://aircentraltexas.org): <https://aircentraltexas.org/es/calidad-del-aire/la-semana-de-la-calidad-del-aire>
- Behar, D. R. (2008). *Metodologia de la Investigacion*. Bogota: Shalom.  
[https://www.academia.edu/28294782/Libro\\_metodologia\\_investigacion\\_Behar\\_1\\_](https://www.academia.edu/28294782/Libro_metodologia_investigacion_Behar_1_)
- Berechez, A. S. (2022). *Diseño de un prototipo de detector de gas comunitario en la ciudad de Guayaquil para la Cooperativa 4 de marzo*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59578>
- Blanco, V. A., Morales, I., & Garcia, A. N. (2010). *Calidad del Aire Interior en Edificios de Uso Público*. Madrid: Universidad San Gregorio de Portoviejo.  
<https://aqmlaboratorios.com/wp-content/uploads/2012/11/Guia-calidad-del-aire-interior-en-edificios-de-uso-publico.pdf>
- Boldo, E. P. (2016). *La contaminación del aire*. Madrid: Los Libros de la Catarata.  
[https://repisalud.isciii.es/bitstream/handle/20.500.12105/7274/LaContaminaci%c3%b3nDelAire\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repisalud.isciii.es/bitstream/handle/20.500.12105/7274/LaContaminaci%c3%b3nDelAire_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bone, H. Q. (2021). *Microcontroladores y circuitos programables para el control de la temperatura en la sala de incubadora de proyectos de la carrera de tecnologías de*



- la informacion de la Universidad Estatal del Sur de Manabi*. Ipijapa: Universidad Estatal del sur de Manabi. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3388>
- Bosch, P. R., Díaz, J. A., & Vivo, E. S. (2020). Propuesta de monitorización integral de la calidad ambiental del interior de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia. *RODERIC*, 14. <https://roderic.uv.es/handle/10550/77685>
- Bosch-Roig, P., Díaz Alonso, J., & Vivó Soria, E. (2020). *Propuesta de monitorización integral de la calidad ambiental del interior de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Castillo, C. A., & Cañon, N. A. (2019). *Prototipo de bajo costo para monitoreo de calidad del aire en ambientes interiores*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia. <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4880/00005094.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cazau, P. (2006). *INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS SOCIALES*. Buenos Aires: Tercera edición. <https://ayudacontextos.files.wordpress.com/2018/04/introduccic3b3n-a-la-investigacic3b3n-en-cc-ss.pdf>
- Clemotte, A., & Vargas, E. (2014). *Diseño e implementación de una red de sensores inalámbrica en TinyOS: Red de sensores inalámbricos para la auscultación de sonidos del cuerpo con soporte del IEEE802.15.4, ZigBee y TinyOS*. Editorial Académica Española. <https://www.bookdepository.com/es/Diseno-e-implementacion-de-una-red-de-sensores-inalambrica-en-TinyOS-Alejandro-Clemotte/9783659002809>
- CN Sensors. (05 de 07 de 2022). *brightstight.be*. <https://brightstight.be/>
- Codigoiot. (24 de 04 de 2020). *codigoiot*. Obtenido de <https://www.codigoiot.com/>
- Conectivity standars alliance. (20 de julio de 2022). *Zigbee The Full-Stack Solution for All Smart Devices*. Zigbee The Full-Stack Solution for All Smart Devices: <https://csa-iot.org/>
- Constitucion de la Republica del Ecuador. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. Quito: Registro oficial. <https://www.defensa.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\_act\_ene-2021.pdf

Daniela Rodríguez. (11 de 05 de 2020). *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/metodo-cientifico-experimental/>

Díaz, A. S. (2017). *Sistemas embebidos en red seguros*. Santander, España: Universidad de Cantabria. Departamento de Tecnología Electrónica e Ingeniería de Sistemas y Automática.  
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/11462/Tesis%20ADS.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Díaz, N. D. (2016). *Población y Muestra. Técnicas de Investigación Cualitativas y Cuantitativas*. Mexico DF: Universidad Autónoma del Estado de México.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/80531608.pdf>

El Consejo de la Judicatura . (2008). *Resolución No. 53-09* . Quito: El Consejo de la Judicatura .

Figuerola, K., Moran, L., & Yábar, G. (2017). Calidad del aire interior en el síndrome del edificio enfermo, ciudad de Trujillo. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 42. <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH/article/view/1209/6146>

Frey, J.-E. (2006). Redes de sensores inalámbricos. *Revista ABB*, 39-42. Recuperado el 03 de 07 de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/28135303\\_Redres\\_de\\_sensores\\_inalambricos](https://www.researchgate.net/publication/28135303_Redres_de_sensores_inalambricos)

Gardey, A., & Pérez, J. P. (01 de 01 de 2021). *Definicion.de*. Definición de sensor: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/31731/2020paulagaleano%20Cnicollesaavedra%20Juansandoval.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gavilanes, C. B. (2021). *Estimación de la calidad del aire en ambientes interiores en laboratorios químicos de la Universidad Técnica de Ambato utilizando redes neuronales artificiales*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32088>

- Guaña, E. M. (2016). *Diseño de una Red de Sensores Inalámbricos (WSN) para monitorear parámetros relacionados con la agricultura*. Quito: El Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional BIBDIGITAL.
- Guaña, E. M. (12 de Enero de 2016). DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN) PARA MONITOREAR PARÁMETROS RELACIONAS CON LA AGRICULTURA. 215. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16809>
- Herrera, J., Mendieta, T., & Jimenez, A. (2019). La Capacidad del IOT de Transformar el Futuro. *Avenir*, 5. Recuperado el 21 de 07 de 2022, de <https://fundacionavenir.net/revista/index.php/avenir/article/view/79/27>
- Hospitecnia. (2020). HACIA EL HOSPITAL SOSTENIBLE GRACIAS AL INTERNET OF THINGS Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL. *Revista de Arquitectura, Ingeniería, Gestión hospitalaria y sanitaria*, 3.
- I+D Electronica. (05 de 07 de 2022). *didacticaselectronicas.com*. Obtenido de <https://didacticaselectronicas.com/index.php/sensores>
- Ibarra, M. E. (2022). *Metodología de la Investigación 2022*. Buenos Aires.
- Instituto Ecuatoriano de Normalizacion INEN. (2014). *AIRE DE INTERIORES. PARTE 1: ASPECTOS GENERALES DE LA ESTRATEGIA DE MUESTREO (ISO 16000-1:2004, IDT)*. Quito: INEN. [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_16000\\_1\\_extracto.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_16000_1_extracto.pdf)
- International Organization for Standardization. (2019). *www.iso.org*. [www.iso.org](http://www.iso.org)
- Ley Organica de Telecomunicaciones. (2015). *Redes de telecomunicaciones*. Quito: Republico del Ecuador. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- Marciel, M. N. (2012). *Estudio de soluciones de movilidad a nivel de enlace y nivel de red*. Leganes: Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid. <https://e->

- archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16890/MemoriaTFG\_Miriam\_Marciel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- María Estela. (05 de 11 de 2020). *Método Deductivo*. <https://concepto.de/metodo-deductivo/>
- Ministerio de Salud Publica. (2017). *Estatuto organico sustitutivo de gestion organizacional por procesos*. Quito: Republica del Ecuador. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2019/04/ESTATUTO-GESTION-ORGANIZACIONES-HOSPITALES-RO-339-25-09-2012.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Plan Nacional de la Calidad del Aire*. Quito: Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperacion COSUDE. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
- Mora, L. A. (2017). *Diseño de puntos y cobertura de un sistema con tarjetas RFID para cada salón de la Facultad de Ingeniería Industrial [Tesis de ingeniería, Universidad de Guayaquil]*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/27294>
- Morales, Y. M. (2018). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN SALAS DE CLASES EN LA UTFSM, SEDE CONCEPCIÓN*. Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María. <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/46872/3560901543759UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morán, L., Yábar-T, G., & Figueroa, K. (2017). Calidad del aire interior en el síndrome del edificio enfermo, Ciudad de Trujillo. *Revista de la facultad de medicina humana*, 10. <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH/article/view/1209/6146>
- Mousalli-Kayat, G. (2015). *Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa*. Caracas: Universidad de los Andes. doi:10.13140/RG.2.1.2633.9446
- Muñoz, S. B., Toquica, A. Á., & Padilla, J. B. (2018). Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables microclimáticas en el Relicto Vegetal Cedro Rosado. *Revista UTP Universidad tecnologica de Pereira*, 10. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/16471/13091>

- Narváez, K. N., & Contreras, V. P. (2020). *Diseño y desarrollo de un prototipo de red de sensores IOT utilizando tecnología Lorawan para el monitoreo de parámetros ambientales en interiores y exteriores*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19439/1/UPS-GT003019.pdf>
- Naylamp Mechatronics. (23 de 06 de 2022). *naylampmechatronics.com*. naylampmechatronics: <https://naylampmechatronics.com/29-microcontroladores>
- O.M.S. (2017). *World Health Organization*. <https://www.who.int/>
- O.M.S. (22 de 09 de 2021a). *Organización Mundial de la Salud*. Contaminación del aire ambiente: <https://www.who.int/>
- O.M.S. (22 de Septiembre de 2021b). *World Health Organization*. <https://www.who.int/>
- O.P.S. (02 de 01 de 2021). *Organización Panamericana de la Salud*. Organización Panamericana de la Salud: <https://www.paho.org/es>
- Observatorio de salud y medio ambiente de Andalucía. (2011). *Calidad del aire interior*. Andalucía: Junta de Andalucía. [https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=c7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=c7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b&groupId=7294824)
- Ortiz, M. S. (Febrero de 2020). DESARROLLO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS UTILIZANDO TECNOLOGIA LORA PARA EL MONITOREO DE UN SISTEMA. 66. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18469>
- Párraga, T. I. (2020). *DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE BAJO UNA TEMPERATURA LOT EN LA NUBE PARA LA DETECCIÓN DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE AIRE EN LAS SALAS DEL HOSPITAL DE NIÑOS LEÓN BECERRA*. Guayaquil: Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 20 de 07 de 2022, de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19052>
- Parraga, T. I. (2020). *Diseño y Desarrollo de un Prototipo de Sistema de Monitoreo de Calidad de Aire bajo una Temperatura lot en la Nube para la Detección de los*

- Niveles de Contaminación de Aire en las Salas del Hospital de Niños León Becerra.* Guayaquil: Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19052>
- Parreño, Í. S., & Solís, A. G. (12 de Enero de 2019). EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS COMUNICACIONES ENCRIPADAS DE UNA RED DE SENSORES INALAMBRICOS WSN QUE MONITORIZA ONDAS SÍSMICAS. 176. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11004>
- PCE Instruments. (23 de 07 de 2022). [www.pce-iberica.es/](http://www.pce-iberica.es/). [www.pce-iberica.es/](http://www.pce-iberica.es/)
- Peña, M. C. (2020). *Descubriendo Arduino*. Buenos Aires: Six ediciones. <https://books.google.com.ec/books?id=bL7PDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Pérez, J. A. (2013). Diagnóstico y monitoreo de la calidad del aire en los predios de la Universidad Central del Ecuador. En L. V. Aldás, *Diagnóstico y monitoreo de la calidad del aire en los predios de la Universidad Central del Ecuador* (pág. 21). Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6072>
- Pilay, O. D. (2022). *DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE MEDICIÓN ACÚSTICA POR MEDIO DE UNA PLATAFORMA IOT*. Guayaquil: Repositorio Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59513>
- Pinargote Ortega, J. M., Cruz Felipe, M. d., Demera Ureta, G. P., Escobar-Moreira, R. D., & Medranda-Cobena, G. I. (2019). RFID en el servicio bibliotecario de la UTM. *Revista Científica*, 36(3), 341-355. doi:<https://doi.org/10.14483/23448350.15090>
- Pita, S. F., & Pértegas, S. D. (2002). *Investigacion cuantitativa y cualitativa*. Coruña: Cad Aten Primaria. <https://homepage.cem.itesm.mx/amaya.arribas/diferenciascualit-cuant.pdf>
- Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información. (2016). *PLAN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGIAS DE INFORMACION*. Quito: Ministerio de Telecomunicaciones y de la sociedad de la

- Información. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Plan-de-Telecomunicaciones-y-TI..pdf>
- Plan técnico fundamental de transmisión PTFT. (2013). *Evolución hacia un PTF convergente*. Quito: CONATEL. [www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/065\\_plan-tecnico-fundamental-de-transmision-ptft-ptfsi-ptfs-ptfn.pdf](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/065_plan-tecnico-fundamental-de-transmision-ptft-ptfsi-ptfs-ptfn.pdf)
- Rapallini, J., Rodríguez, O., Zabaljauregui, M., & Mazzeo, H. (2018). *SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE REDES INALÁMBRICAS DE SENSORES*. La Plata: Repositorio Nacional de la UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68255>
- Rodríguez, E. D. (18 de 09 de 2018). *xataka*. xataka: <https://www.xataka.com/categoria/internet-of-things>
- Romero Amondaray, L., Artigas Fuentes, F. J., & Anías Calderón, C. (2020). Redes de Sensores Inalámbricos Definidas por Software. *Revista Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones* ISSN: 1815-5928, 39. <https://rielac.cujae.edu.cu/index.php/rieac/article/view/787/414>
- Romero, L. A., Artigas, F. F., & Anías, C. C. (2020). Redes de sensores inalámbricos definidas por software. *Revista Ingeniería electrónica*, 51. <https://rielac.cujae.edu.cu/index.php/rieac/article/view/787/414>
- Ros, I. (21 de 03 de 2021). *MC*. muycomputer.com: <https://www.muycomputer.com/2021/07/19/ios-14-7-informa-calidad-del-aire/>
- Ruiz, L., Peñahora, M., & García, S. (25 de 03 de 2018). Calidad del Ambiente interior. *Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo*, 3. Recuperado el 25 de 03 de 2022, de Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo: <https://docplayer.es/14601785-Calidad-del-ambiente-interior.html>
- Salazar, J., & Silvestre, S. (2017). Internet of things. *TechPedia*, 31. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/185120/LM01\\_R\\_ES.pdf;jsessionid=24D0E16E756C40C397F31CB00EC418A8?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/185120/LM01_R_ES.pdf;jsessionid=24D0E16E756C40C397F31CB00EC418A8?sequence=1)

- Santana, A. S., & Vera, M. A. (2020a). *USO DE WSN E IOT PARA ALERTAR DE POSIBLES EVENTOS CATASTRÓFICOS EN HOGARES DE ADULTOS MAYORES*. Quevedo: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5102/1/T-UTEQ-017.pdf>
- Securitasdirect. (16 de 06 de 2021). *www.securitasdirect.es*. *www.securitasdirect.es*
- Solectro. (23 de 06 de 2022). *solectroshop.com*. Obtenido de *www.solectroshp.com*: *www.solectroshp.com*
- Solectroshop. (05 de 04 de 2021). Sensores de calidad del aire - Parámetros, niveles y características. *Solectro*, 18. <https://solectroshop.com/es/blog/sensores-de-calidad-del-aire-parametros-niveles-y-caracteristicas-n79>
- Soler y Palau. (01 de junio de 2020). *S&P*. *www.solerpalau.com*: *www.solerpalau.com*
- Solis, J. V. (2020). *Análisis de niveles muy altos de CO2 en las aulas de clases mediante el sensor MQ-135*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/58211>
- Soto, S. (06 de 07 de 2022). *Rom Mayer*. Global Tech Comm.
- Thingier.io. (25 de 07 de 2022). *Thingier.io*. Thingier.io: <https://thingier.io/>
- Torres, G. R. (Marzo de 2020). Diseño e implementación de un prototipo de alerta que detecte la fuga de gas metano en una vivienda y activación de mecanismos de protección. 113. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48804>
- Unit Electronics. (09 de 2022). *Unit Electronics*. <https://uelectronics.com/>
- Universidad PUCE. (19 de 07 de 2022). *www.puce.edu.ec*.
- Vera, M. B. (11 de Enero de 2021). IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS WSN PARA MONITORIZACIÓN DE CONDICIONES AMBIENTALES EN SITIOS INDOOR. 128. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/55972>
- Villamar, A. V. (2022). *PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL DE RIESGOS POTENCIALES PARA HOGARES USANDO TECNOLOGÍA DE*



*TRANSMISIÓN DE DATOS INALÁMBRICA*. Guayaquil: Repositorio de la Universidad Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59643>

World Health Organization. (14 de Enero de 2011). *higieneambiental.com*. <https://higieneambiental.com/calidad-de-aire-interior/informe-de-la-oms-sobre-muertes-relacionadas-con-el-amianto>

Zita, A. (2021). Métodos de investigación. *TodaMateria*. <https://www.todamateria.com/metodos-de-investigacion/>

Stellman, J. M., & Solá, X. (1998). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo (3rd ed.). Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Carazo Fernández, L., Fernández Alvarez, R., González-Barcala, F. J., & Rodríguez Portal, J. A. (2013). Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. *Archivos de Bronconeumología*, 49(1), 22–27.