



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA 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 UNA RED WSN PARA EL CONTROL Y
SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS
PISCINAS CAMARONERAS”**

AUTOR

VACA JUCA EVELIN CAROLA

DIRECTOR DEL TRABAJO

ING. TELECOM. TRUJILLO BORJA XIMENA FABIOLA, MG.

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2022



**ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE
TRABAJO DE TITULACIÓN
FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO:	“Diseño de una red WSN para el control y seguimiento de la calidad del agua en las piscinas camaroneras.”		
AUTOR (apellidos y nombres):	Vaca Juca Evelin Carola		
TUTOR y REVISOR (apellidos y nombres):	Ing. Telecom. Trujillo Borja Ximena Fabiola, Mg. Ing. Telecom. Veintimilla Andrade Jairo Geovanny, Mg.		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Industrial		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero en Teleinformática		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	27 de septiembre del 2022	No. DE PÁGINAS:	140
ÁREAS TEMÁTICAS:	Tecnología de las Telecomunicaciones		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Zigbee, WSN, Nodo sensor, Xbee, IoT, Tiempo real		
RESUMEN <p>El presente proyecto tiene como finalidad diseñar una red inalámbrica de sensores (WSN) para realizar de una manera más óptima y eficaz la toma de muestras y monitorización de la calidad del agua en las piscinas camaroneras, mediante el uso de la tecnología Zigbee en módulos Xbee, presentándose como una solución a la toma de muestras tradicionales con la implementación de nodos sensores y un nodo coordinador. Para el desarrollo del prototipo se utilizaron 2 módulos Xbee S2C que operan con frecuencia de 2.4GHz, son dispositivos capaces de recolectar la información abarcando distancias dentro de su línea de vista y por medio de un microordenador se encargará de presentar los datos en una plataforma IoT en tiempo real, permitiéndole al usuario obtener información actualizada del estado de las piscinas mediante el uso de dashboard, la misma que se puede visualizar por medio del celular o de algún ordenador. A su vez cuenta con un sistema de alertas para que el usuario puede recibir en cualquier momento notificaciones cuando los sensores marquen valores elevados, los mismos que pueden llegar por correo electrónico o vía SMS, de este modo se controlará algún cambio repentino que ocurra en las piscinas o lotes de camarón.</p>			

ABSTRACT

This project is aimed at designing a wireless sensor network (WSN) to perform sampling and monitoring of water quality in shrimp pools in a more optimal and efficient way, through the use of Zigbee technology in Xbee modules, presenting itself as a solution to traditional sampling with the implementation of sensor nodes and a coordinator node. For the development of the prototype, 2 Xbee S2C modules were used, which operate with a frequency of 2.4GHz and are devices capable of collecting information covering distances within their line of sight; besides, it has a microcomputer that will be able to present the data in an IoT platform in real time, allowing the user to obtain updated information on the status of the pools through the use of a dashboard, which can be viewed through a cell phone or a computer. At the same time, it has an alert system so that the user can receive notifications by email or via SMS at any time when the sensors mark high values; thus, any sudden change that occurs in the shrimp pools or batches will be detected and controlled.

ADJUNTO PDF:	SI (X)	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0968566194	E-mail: evelin.vacaj@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola, MG	
	Teléfono: 593-2658128	
	E-mail: direcciónTi@ug.edu.ec	

**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 INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

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

Yo **VACA JUCA EVELIN CAROLA** con C.C. No. **0957967847**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **“DISEÑO DE UNA RED WSN PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS PISCINAS CAMARONERAS.”** 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.

VACA JUCA EVELIN CAROLA
C.C.: 0957967847



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



Habiendo sido nombrado **ING. TELEC. TRUJILLO BORJA XIMENA FABIOLA, MG.** tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **VACA JUCA EVELIN CAROLA**, 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 UNA RED WSN PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS PISCINAS CAMARONERAS**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio TURNITIN quedando el 4% de coincidencia.



Link: https://www.turnitin.com/newreport_classic.asp?lang=es&oid=1899694991&ft=1&bypass_cv1



Firmado electrónicamente por:

**XIMENA FABIOLA
TRUJILLO BORJA**

ING. TELEC. TRUJILLO BORJA XIMENA FABIOLA, MG
DOCENTE TUTOR
C.C.0603375395
FECHA: 19 DE SEPTIEMBRE DEL 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

Sra.

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Directora de Carrera Ingeniería en Teleinformática / 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 UNA RED WSN PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS PISCINAS CAMARONERAS de la estudiante VACA JUCA EVELIN CAROLA, 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:

**XIMENA FABIOLA
TRUJILLO BORJA**

ING. TELEC. TRUJILLO BORJA XIMENA FABIOLA, MG
DOCENTE TUTOR
C.C.0603375395
FECHA: 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2022



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



Guayaquil, 22 de septiembre de 2022

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / 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 UNA RED WSN PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS PISCINAS CAMARONERAS”** del estudiante **VACA JUCA EVELIN CAROLA**. 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 19 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 4 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 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,



El resultado de la revisión fue:
JAIRO GEOVANNY
VEINTIMILLA
ANDRADE

ING. TELECOM. VEINTIMILLA ANDRADE JAIRO GEOVANNY, MG.

C.C: 0922668025

FECHA: 22 DE SEPTIEMBRE DEL 2022

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a mi padre espiritual Dios quien guía todos mis pasos y me ha permitido obtener cada logro en el transcurso de mi vida, culminando mi anhelada carrera, a mis padres Wellington Vaca Chiriguayo y a mi madre María Elena Ramírez a quienes admiro y amo con todo el corazón, han sido un pilar fundamental en mi vida por su apoyo, enseñanzas, esfuerzo, trabajo y sacrificio para que pueda salir adelante, gracias por inculcarme valores y enseñarme a nunca rendirme.

A mi enamorado Guillermo Terán Mendoza por su apoyo incondicional, estuviste a mi lado motivándome y ayudándome hasta donde te era posible, incluso más que eso, te lo agradezco muchísimo, amor.

Agradecimiento

A Dios por dame la vida

A mis padres María Elena Ramírez y Wellington Vaca Chiriguayo por apoyarme en todo momento, por la paciencia que me ha tenido y por todo el amor que me han dado, este logro no sería posible sin ustedes.

A Guillermo Terán Mendoza que con su ayuda y cariño se mantuvo a mi lado en este proceso motivándome a lograrlo.

A mi tutora la Ing. Trujillo Ximena por la guía para realizar un buen trabajo

A las personas que estuvieron conmigo durante este proceso guiándome.

Índice General

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

El Problema

N°	Descripción	Pág.
1.1.	Planteamiento del problema	2
1.1.1.	Formulación del problema	3
1.1.2.	Sistematización del problema	4
1.2.	Objetivos de la investigación	4
1.2.1.	Objetivo general	4
1.2.2.	Objetivos específicos	4
1.3.	Justificación e importancia	4
1.4.	Delimitación del problema	5
1.5.	Hipótesis de la investigación	6
1.5.1.	Operacionalización de las variables	6
1.6.	Alcance	7

Capítulo II

Marco Teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1.	Antecedentes del estudio	8
2.2	Fundamentación Teórica	10
2.2.1	Redes Inalámbricas	10
2.2.2	Características de las redes inalámbricas	10
2.2.3.	Red de sensores inalámbricos (WSN – Wireless Sensor Network)	11
2.2.3.1.	Características de las WSN	12
2.2.3.2.	Elementos de una red de una WSN	12
2.2.3.3.	Estándares y tipos de tecnología WSN	13
2.2.3.3.1.	Wifi	13
2.2.3.3.2.	Zigbee	14

2.2.3.3.3.	Bluetooth	15
2.2.3.4.	Aplicaciones de las (WSN – Wireless Sensor Network)	16
2.2.3.4.1.	Área de Salud	16
2.2.3.4.2.	Domótica	17
2.2.3.4.3.	Industrial	18
2.2.3.4.3.1.	Ambientales	18
2.2.3.4.3.2.	Agrícolas	19
2.2.3.4.3.3.	Agropecuarias	19
2.2.3.4.3.4.	Automotriz	20
2.2.3.5.	Arquitectura	21
2.2.3.5.1.	Características de Arquitectura	21
2.2.3.5.2.	Topología de red	23
2.2.3.5.2.1.	Topología tipo estrella	23
2.2.3.5.2.2.	Topología tipo malla	23
2.2.3.5.2.3.	Topología tipo árbol	24
2.2.3.5.2.4.	Topología tipo Bus	25
2.2.3.6	Nivel Físico	25
2.2.3.6.1.	Sensor de Temperatura	25
2.2.3.6.2.	Sensor de pH	27
2.2.3.6.3	Sensor de salinidad	28
2.2.3.7	Nivel de enlace	29
2.2.3.7.1.	Microcontroladores	29
2.2.3.7.2.	Arduino uno	29
2.2.3.7.3.	Xbee	30
2.2.3.7.3.1	Modo de operación	30
2.2.3.7.4.	Raspberry pi	32
2.2.3.8.	Nivel de Aplicación	32
2.2.3.8.1.	Plataformas web IoT de sincronización de datos	32
2.2.3.8.1.1.	Cayenne	33
2.2.3.8.1.2	Ubidots	33
2.2.3.8.3.	Thinger .io	34

2.2.3.8.4.	ThingSpeak	34
2.3	Marco legal	35
2.3.1.	Constitución de la República del Ecuador	35
2.3.2.	Ley Orgánica de Telecomunicaciones	36
2.3.3.	Ley Orgánica de Desarrollo de la Acuicultura y Pesca	36

Capítulo III

Metodología

Nº	Descripción	Pág.
3.1.	Enfoque de la investigación	40
3.1.1.	Investigación cuantitativa	40
3.1.2.	Investigación cualitativa	40
3.2	Marco Metodológico	40
3.2.1	Método bibliográfico	40
3.2.2.	Método experimental	39
3.2.3.	Método de campo	39
3.2.4.	Método deductivo	39
3.3	Población y muestra	39
3.3.1	Población	39
3.1.2.	Muestra	40
3.4.	Desarrollo de encuesta	42
3.4.1	Análisis de resultados	48
3.5.	Diseño	49
3.5.1	Ubicación de la zona	49
3.5.2	Requerimientos	50
3.5.2.1.	Requerimiento del usuario	50
3.5.2.2.	Requerimiento del prototipo	50
3.5.2.3.	Requerimiento del sistema	51
3.5.3	Delimitación de la zona de cobertura	51
3.5.3.1.	Análisis cobertura	52
3.5.4.	Diseño de la red de sensores	56

3.5.4.1.	Diseño de la solución	57
3.5.5.	Requerimiento del usuario	58
3.5.6.	Requerimiento del prototipo	58
3.5.7.	Requerimiento del sistema	58
3.6.	Diagrama de bloque de la propuesta	59
3.7.	Análisis de selección de dispositivos	59
3.7.1.	Comparativas de microcontroladores	59
3.7.2.	Comparativa XBee	61
3.7.2.1.	Dispositivo seleccionado	61
3.7.3.	Comparativa Raspberry pi	62
3.7.3.1.	Dispositivo seleccionado	63
3.7.4.	Shield Pro Xbee para arduino	64
3.7.5.	Xbee Explorer USB	64
3.7.6.	Power Bank	65
3.7.7.	Sensor de pH	66
3.7.8.	Sensor de temperatura	67
3.7.9.	Sensor de Salinidad	67
3.8.	Selección de Plataforma IoT	68
3.9.	Esquemas del sistema	70
3.10.	Diagrama de flujo del sistema	71
3.11.	Elaboración del nodo sensor	73
3.11.1.	Conexión del nodo sensor(trasmisor)	73
3.11.2.	Programación del nodo sensor	75
3.12.	Elaboración del nodo coordinador	77
3.12.1.	Conexión del nodo coordinador	77
3.12.2.	Programación del nodo coordinador	78
3.13.	Diseño del prototipo	79
3.14.	Pruebas del sistema	80
3.14.1.	Nodo Transmisor	80
3.14.2.	Nodo Receptor	81
3.14.2.1.	Emisión de alertas por medio de la plataforma Ubidots	83

3.14.2.2.	Alertas por el cambio en el parámetro	85
3.15.	Pruebas de funcionamiento en la camaronera	86
3.15.1	Análisis de RSSI mediante la comunicación inalámbrica	87
3.15.2.	Comparativa con equipos especializados	88
3.15.2.1.	Primera medición	88
3.15.2.2.	Segunda medición	89
3.15.2.3.	Tercera medición	91
3.15.3.	Exportar datos de los sensores	92
3.16.	Costos del prototipo	94
3.17.	Análisis de resultados	94
3.18.	Conclusiones	95
3.19.	Recomendaciones	96
	Anexos	100
	Bibliografía	108

Índice de Tablas		
Nº	Descripción	Pág.
1.	Tipo de variables dependiente e independiente	6
2.	Tipos de sensores de temperatura	26
3.	Tipo de sensores de pH	27
4.	Tipos de sensores de salinidad	29
5.	Comandos modo AT	32
6.	Población en la empresa Empagran	40
7.	Requerimientos del usuario para las piscinas de camarón	50
8.	Tipos de requisitos para crear el prototipo	50
9.	Tipos de sistema para programación y configuración del sistema	51
10.	Coordenadas para la simulación en Radio Mobile	53
11.	Distribución de nodos en la piscina de camarón	56
12.	Tipos de Arduino	60
13.	Tipos de Xbee	61
14.	Comparativa entre Raspberry Pi	63
15.	Características del Power Bank	66
16.	Características del sensor de pH	66
17.	Característica del sensor de temperatura	67
18.	Características del sensor de salinidad TDS	68
19.	Características de la plataforma Ubidots	69
20.	Prueba de los sensores con su respectivo pin	80
21.	Potencia de la señal realizada en la empresa Empagran	87
22.	Mediciones en la piscina camaronera.	88
23.	Toma de muestras realizadas en la camaronera.	89
24.	Toma de muestras en las piscinas camaroneras.	91
25.	Costo de los materiales	94

Índice de Figuras

N°	Descripción	Pág.
1	Red inalámbrica.	10
2	Diseño de una red de sensores inalámbricos.	11
3	Red Wifi.	14
4	Equipos que se pueden manejar con la tecnología zigbee.	14
5	Conexión de equipos mediante red inalámbrica bluetooth.	15
6	Uso de la tecnología Lora en la industria.	15
7	Tipo de sensores que se usan en el área de la salud.	17
8	Implementación de una red de sensores para domotizar una casa.	17
9	Diseño de una red de sensores para monitorización ambiental.	18
10	Control de maquinaria agraria mediante el uso de sensores.	19
11	Diseño de un sistema de sensores para monitorear criaderos del sector acuícola.	20
12	Sensores utilizados por la industria automotriz.	20
13	Arquitectura de una red inalámbrica de sensores.	21
14	Topología estrella.	23
15	Topología malla.	24
16	Topología de árbol.	24
17	Topología bus.	25
18	Sensores de temperatura.	26
19	Sensores de pH.	28
20	Sensores de salinidad.	28
21	Envío de tramas en modo API.	30
22	Estructura de una trama en modo API.	31
23	Envío de trama en modo AT.	31
24	Plataforma IoT Cayenne.	33
25	Plataforma Ubidots.	34
26	Plataforma Thinger io.	34
27	Plataforma ThingSpeak.	35
28	Efectividad de los métodos manuales.	42

29	Tipo de herramientas para el control de la calidad del agua.	42
30	Personas que se necesita para el control de la calidad del agua.	43
31	Parámetro crítico para determinar la calidad del agua.	43
32	Frecuencia con que se toman las mediciones.	44
33	Escala en acuerdo o desacuerdo de implementar notificaciones de alerta.	44
34	Demora en la toma de muestras. Información tomada de la investigación directa.	45
35	Escala de acuerdo o desacuerdo en usar herramienta de automatización	48
36	Parámetro más crítico.	46
37	Escala de acuerdo o desacuerdo problemas en las piscinas de camarón	49
38	Escala de acuerdo o desacuerdo de visualizar en tiempo real los datos	49
39	Ubicación del lugar de estudio.	49
40	Coordenada de las piscinas de camarón.	52
41	Simulación en Radio Mobile.	53
42	Simulación en radio Mobile.	54
43	Conexiones de Radio Mobile exportadas en Google Earth.	55
44	Estación base del nodo coordinador 20m de altura.	55
45	Distribución de los nodos sensores, router en las piscinas de camarón.	57
46	Diseño del funcionamiento que tendrá la red de sensores inalámbricos	57
47	Diagrama de bloque de la red de sensores.	59
48	Arduino uno.	60
49	Módulo Xbee S2C.	61
50	Raspberry pi 3.	63
51	Shield Pro Xbee.	64
52	Xbee Explorer USB.	65
53	Power Bank.	65
54	Plataforma Ubidots.	70
55	Esquema del funcionamiento del sistema elaborado en lucidchart.	70
56	Diagrama de flujo del sistema	72
57	Montaje del microcontrolador con el shield pro y el módulo XbeeS2C.	73
58	Conexión del sensor de temperatura.	74
59	Conexión del sensor de salinidad TDS.	74
60	Conexión del sensor de pH E-201-C.	75

61	Programación del nodo sensor en Arduino IDE.	76
62	Código compilado del nodo sensor.	76
63	Conexión del nodo coordinador enlazado al raspberry pi 3.	77
64	Programación del nodo coordinador.	78
65	Programación en Python para enviar los datos a la nube de la plataforma Ubidots.	78
66	Diseño el nodo sensor elaborado en fritzing.	79
67	Diseño del nodo coordinador elaborado en fritzing.	79
68	Prueba de funcionamiento de los sensores.	80
69	Nodo coordinador recibiendo los datos de los nodos.	81
70	Compilación del código en el nodo coordinador para enlazar con el raspberry	82
71	Plataforma Ubidots.	82
72	Token de la plataforma Ubidots.	83
73	Datos de los nodos sensores mostrados en pantalla.	83
74	Ventana Eventos de la plataforma Ubidots.	84
75	Configuración de eventos en la plataforma Ubidots.	84
76	Configuración de correo electrónico y formato de mensaje para la emisión de alertas	85
77	Configuración de los días y horarios que estará activo el evento.	85
78	Notificación de alerta emitida por la plataforma Ubidots por exceso de temperatura.	86
79	Notificaciones de alerta emitida por la plataforma Ubidots por exceso de temperatura.	86
80	Comparativa de valores de temperatura con prototipo/ Equipos de la camaronera.	89
81	Comparativa de valores de Salinidad con prototipo/ Equipos de la camaronera.	89
82	Comparativa de valores de pH con prototipo/ Equipos de la camaronera.	90
83	Comparativa de valores de temperatura con prototipo/ Equipos de la camaronera.	90
84	Comparativa de valores de Salinidad con prototipo/ Equipos de la camaronera.	90
85	Comparativa de valores de temperatura con prototipo/ Equipos de la camaronera.	91
86	Comparativa de valores de pH con prototipo/ Equipos de la camaronera.	91
87	Comparativa de valores de Salinidad con prototipo/ Equipos de la camaronera.	92
88	Exportar datos al correo del usuario. Información tomada de la investigación directa.	92
89	Notificación de Ubidots con los datos exportados.	93
90	Datos del sensor de temperatura descargados en formato CSV.	93
91	Configuración del módulo Xbee S2C como nodo sensor.	97
92	Software XCTU búsqueda de dispositivos conectados.	97

93	Configuración del nodo sensor en el XCTU.	97
94	Configuración del nodo Xbee S2C. Información tomada de la investigación directa.	97
95	Configuración del raspberry pi 3.	97
96	Funcionamiento del sistema operativo y prueba del código en Python.	97
97	Nodo sensor.	97
98	Nodo coordinador.	97
99	Herramientas que se usan para tomar las muestras en las piscinas camaroneras.	107
100	Pruebas de funcionamiento del prototipo mediante la comparación de resultados.	97
101	Prueba de distancia para la recepción de datos.	97
102	Comparativa de la toma de muestra.	97
103	Toma de muestra en distintos puntos de la piscina camaronera.	97
104	Alcance de los módulos Xbee.	97

ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)**FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA****“DISEÑO DE UNA RED WSN PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS PISCINAS CAMARONERAS.”**

Autor: Vaca Juca Evelin Carola

Tutor: Ing. Telecom. Trujillo Borja Ximena Fabiola, MG.

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar una red inalámbrica de sensores (WSN) para realizar de una manera más óptima y eficaz la toma de muestras y monitorización de la calidad del agua en las piscinas camaroneras, mediante el uso de la tecnología Zigbee en módulos Xbee, presentándose como una solución a la toma de muestras tradicionales con la implementación de nodos sensores y un nodo coordinador. Para el desarrollo del prototipo se utilizaron 2 módulos Xbee S2C que operan con frecuencia de 2.4GHz, son dispositivos capaces de recolectar la información abarcando distancias dentro de su línea de vista y por medio de un microordenador se encargará de presentar los datos en una plataforma IoT en tiempo real, permitiéndole al usuario obtener información actualizada del estado de las piscinas mediante el uso de dashboard, la misma que se puede visualizar por medio del celular o de algún ordenador. A su vez cuenta con un sistema de alertas para que el usuario puede recibir en cualquier momento notificaciones cuando los sensores marquen valores elevados, los mismos que pueden llegar por correo electrónico o vía SMS, de este modo se controlará algún cambio repentino que ocurra en las piscinas o lotes de camarón.

Palabras claves: Zigbee, WSN, Nodo sensor, Xbee, IoT, Tiempo real

ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)**FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA****“DESIGN OF A WSN NETWORK FOR THE CONTROL AND MONITORING OF WATER QUALITY IN SHRIMP POOLS.”**

Author: Vaca Juca Evelin Carola

Advisor: Engr. Trujillo Borja Ximena Fabiola, MSc.

Abstract

This project is aimed at designing a wireless sensor network (WSN) to perform sampling and monitoring of water quality in shrimp pools in a more optimal and efficient way, through the use of Zigbee technology in Xbee modules, presenting itself as a solution to traditional sampling with the implementation of sensor nodes and a coordinator node. For the development of the prototype, 2 Xbee S2C modules were used, which operate with a frequency of 2.4GHz and are devices capable of collecting information covering distances within their line of sight; besides, it has a microcomputer that will be able to present the data in an IoT platform in real time, allowing the user to obtain updated information on the status of the pools through the use of a dashboard, which can be viewed through a cell phone or a computer. At the same time, it has an alert system so that the user can receive notifications by email or via SMS at any time when the sensors mark high values; thus, any sudden change that occurs in the shrimp pools or batches will be detected and controlled.

Keywords: Zigbee, WSN, Sensor node, Xbee, IoT, Real time

Introducción

En Ecuador la acuicultura ha permitido el crecimiento del sector camaronero convirtiéndolo en uno de los referentes más exportados del país, registrando hasta la fecha un incremento del 95% de envíos al exterior con gran demanda internacional (Serrano, 2022), la misma que se desarrolla en zonas rurales de la ciudad en donde están alojadas las piscinas o cultivos de camarón para lograr cubrir la demanda, al mismo tiempo, abarcar grandes hectáreas para colocar las piscinas ha provocado ciertos inconvenientes para lograr mantener los protocolos de calidad del agua en las piscinas para la pre cría del camarón, en el país hay 225.000 hectáreas de fincas camaroneras, las de mayor demanda se encuentran en la provincia del Guayas y El Oro (Negocios & E, 2021).

Actualmente se maneja la cría de camarón de forma tradicional donde se tiene que vigilar las piscinas de manera constante controlando que se cumplan cada uno de los protocolos, debido a que un error provocaría pérdida tanto comercial como del producto. Para obtener los resultados de los cultivos de camarón se usan dispositivos como el peachímetro o medidor de pH, termómetros digitales entre otros, los mismos que se realizan de forma manual cada cierto tiempo, para comprobar el estado de pH, oxigenación y salinidad de las piscinas pero este método está propenso a que ocurra déficit de información o algún error en el momento de la medición debido a que no cuentan con un dispositivo que facilite el control y automatización de las piscinas camaroneras.

Con el avance tecnológico las industrias tienen la opción de incorporar nuevos dispositivos a sus procesos de acuicultura ya sea de cría o de cultivo de camarón, lo que permitirá mejorar la calidad, inversión y tiempo, junto a la integración de plataformas o aplicaciones, es decir, la monitorización se volvería más factible, este es el caso de las tecnologías de sensores inalámbricos, que permiten el intercambio de información abarcando grandes distancias y minimizando los costos y recursos que tendría instalar una red cableada, esta es una de las propuestas que se abarca en el desarrollo del presente proyecto.

Capítulo I

El Problema

1.1. Planteamiento del problema

El sector camaronero del Ecuador es la industria de exportación más fuerte que tiene el país en conjunto con el petróleo y el banano que se expanden a nivel internacional , actualmente países como Tailandia, China pusieron restricciones al ingreso del camarón ecuatoriano debido a los protocolos de bioseguridad que debe de cumplir el producto al ser exportado ya que aún son países que se mantienen bajo el Sars-cov-2 y es el mismo que afectó las exportaciones debido a las estrictas normas de calidad que el sector agropecuario debe cumplir , es por eso que se encuentra un déficit en las piscinas camaroneras que es donde se cría y se alimenta al camarón. (Poveda & Piedrahita, 2020)

El déficit está en la toma de muestras de las piscinas de pre cría ,extensas hectáreas que se deben de cubrir debido a que el personal debe permanecer vigilando constantemente, entre los que destacan la medición del pH que es uno de los parámetros más importantes debido a que varía en el día con la eliminación del dióxido de carbono (CO₂) y en la noche disminuye por la producción del CO₂,este cambio de acides si no es tratado a la hora exacta provocara que el camarón crezca de una forma lenta ,será susceptible a enfermedades y debilitará al camarón hasta provocar la pérdida del mismo y a su vez se dañaría la producción. (Saúl, 2019)

La toma de temperatura en los estanques se ve afectada en las épocas de mucho calor debido a que los camarones son especies de sangre fría y la variación provoca que se altere el sistema inmunológico, la alimentación y la respiración del crustáceo. El camarón debe ser cultivado a una temperatura que oscile entre los 23 a 30° Celsius, pero esto puede variar según la fase en la que se encuentra el camarón. (Saul, 2019)

Así mismo el oxígeno disuelto es de vital importancia debido a que un mal abastecimiento de oxígeno causaría un crecimiento inadecuado e incluso la muerte del camarón, se establece un rango de 4 a 5mg/L si se excede puede causar saturación dependiendo de las piscinas (Boyd, Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón, 2022), otro factor que se encuentra es la salinidad que no puede tolerar cambios bruscos, estos deben de estar en un rango de 15 a 20 ppm (Guia de manejo de camaroneras, 2022)

Las mediciones se las realiza de forma manual lo que provoca ciertos inconvenientes a la hora obtener los resultados que deben estar dentro del rango establecido ya que existen lugares donde es difícil acceder para tomar una muestra. Las muestras son tomadas cada cierto tiempo por lo general se las realiza en la mañana, medio día, noche y madrugada en el caso del oxígeno se lo realiza en la mañana antes de que salga el sol y en la tarde de 2pm a 4pm en un metro o más de profundidad usualmente lo realizan de forma constante en pruebas de pH, temperatura debido a los cambios que puedan afectar la alteración de la piscina.

Existen factores que alteran o producen un cambio en la calidad del agua como residuos de alimentos en las piscinas, materia orgánica de los camarones y lluvias torrenciales entre otros factores ambientales, todo esto debilita el control de la producción. Así mismo es necesario considerar que no todas las empresas de acuicultura encargados de la parte de la cría cuentan con personal calificado lo que provoca un retraso en la planificación, manipulación y calibración de los instrumentos de medición.

El ciclo vital del camarón y su alimentación depende mucho del agua, son factores que inciden en su correcto crecimiento debido a que son sensibles de manipular y cualquier exceso tanto de salinidad, temperatura puede hacer que el camarón caiga en estrés por los diferentes agentes ambientales a los que está expuesto y provoque en el mismo un lento crecimiento o que el camarón no resista y se pierda la cría por no saber controlar el ambiente acuático del camarón.

Actualmente los sectores camaroneros no cuentan con un dispositivo que permita automatizar y controlar los niveles químicos del agua debido a las propiedades que la misma presenta para los criaderos de camarón, lo mismo que es una desventaja en cuanto a la productividad y exportación de la misma, ya que al no actualizarse con tecnologías más funcionales representa pérdida e ineficiencia debido a los horarios poco flexibles del personal, lo que ocasionaría error humano en la toma de muestras.

1.1.1. Formulación del problema

En la actualidad con el avance tecnológico la incorporación de redes de sensores resulta ser fundamental para cubrir necesidades en el campo laboral y adaptar estas nuevas tendencias a la acuicultura se vería limitada por la falta de conocimiento. Por tal motivo se plantea la siguiente

interrogante ¿Cómo reducir el tiempo y recursos empleados en la obtención de resultados y toma de mediciones de forma manual sobre la calidad del agua en las industrias camaroneas?

1.1.2. Sistematización del problema

- ¿Cuáles son los puntos críticos para tomar mediciones en las piscinas camaroneas?
- ¿De qué manera es posible verificar la desviación de indicadores para el control del agua?
- ¿Cuáles son los efectos que tienen los camarones frente a las alteraciones que se dan en las piscinas donde se cría el camarón?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de red de sensores inalámbricos para el control y seguimiento de la calidad del agua en las piscinas camaroneas utilizando una plataforma IoT.

1.2.2. Objetivos específicos

- Estudiar los requerimientos de las piscinas camaroneas en relación a mantenimiento y control de la calidad de agua.
- Analizar las tecnologías, sensores y plataformas para solventar los requerimientos hallados.
- Diseñar una WSN para las piscinas camaroneas junto con una plataforma IoT para visualización de datos.
- Implementar pruebas de funcionamiento de la plataforma IoT junto a los sensores.

1.3. Justificación e importancia

La industria de cultivo de camarón en Ecuador actualmente consta de 225.000 hectáreas de fincas camaroneas lo que permite divisar el gran impacto que tiene en exportaciones y como se expande las piscinas dentro del territorio por lo que es necesario el control constante y monitoreo de las piscinas de camarón, tanto como la oxigenación que si no se toman las medidas

correctas se perderá todas las crías de las piscinas (Boyd, Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón, 2022).

El cultivo de camarón genera una fuente de trabajo el mismo que se desarrolla en piscinas camaroneras donde se da la fase de pre cría del camarón, esta es la fase más importante porque es donde comienza el crecimiento de la larva, la alimentación, prevención de enfermedades y la dosificación de piscinas, para dar solvencia al mismo y que a su vez la fase de crecimiento sea la adecuada debido a que se debe manejar estrictas normas de calidad donde el producto debe de ser colocado teniendo en cuenta los cuidados del agua.

El monitoreo de las piscinas se las realiza en distintos horarios especialmente cuando se encuentra una alteración en el agua ya sea por el pH o algún agente externo, esto origina que volver a equilibrar el pH resulte ser una labor muy costosa y esto se debe a que no existe el monitoreo de forma eficaz, lo que provoca que algunos lotes de camarón se cierren, usualmente porque en la acuicultura no aplican la automatización ya sea por desconocimiento o por el costo de instalación. (German, et al., 2020).

Los lotes de pre cría deben estar en constante vigilancia por los diferentes factores donde se concentra la acidez debido a que está demostrado que existe un rango que no debe de sobrepasarse para no afectar el metabolismo y procesos del mismo teniendo en cuenta que llevar un buen control de las piscinas otorga una durabilidad y reducción de los errores por parte de la mano de obra. De esta manera se expone las falencias que actualmente manejan los criaderos de camarón, debido a esto se plantea una alternativa tecnológica que permita mediante el uso de sensores o módulos un manejo más práctico y confiable para optimizar de mejor forma los recursos.

1.4. Delimitación del problema

Para la elaboración del proyecto se realizó un estudio en la camaronera Empagran ubicado en el km.20 vía a la costa para conocer que tipo de tecnología inalámbrica es la adecuada de usar y donde se va a diseñar la red WSN para conocer el alcance y cobertura que va a tener, así mismo el lugar donde van a ir ubicados cada uno de los nodos. Se utiliza el estándar de zigbee para otorgar mayor confiabilidad y un Power Bank que extienda la operabilidad de los equipos.

Para realizar la conexión inalámbrica se utilizará módulos XbeeS2C en los cuales se deben de realizar la configuración de cada uno de los módulos en la plataforma XCTU para asignar a la red los componentes tales como el router, controlador y dispositivo final para que por medio del coordinador se envíe la información al raspberry pi 3 y así sean almacenados los datos y posteriormente se muestre en la plataforma IoT con sus respectivas dashboard.

1.5. Hipótesis de la investigación

Al implementar un prototipo y diseño de red de sensores inalámbricos con modulación Xbee y estándar Zigbee en las piscinas camaroneras de pre cría se obtendrá la monitorización de la calidad del agua que ayude a la toma de muestra en tiempo real en la empresa camaronera Empagran.

1.5.1. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Tipo de variables dependiente e independiente

Variables	Tipo de variable	Dimensiones	Indicadores
Diseño de red de sensores inalámbricos	Independiente	<ul style="list-style-type: none"> Estándar para establecer la comunicación en red Rendimiento de la red Cobertura de red 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de sensores Topología de la red Capacidad de almacenamiento de información Nivel de compatibilidad con equipos Cobertura Banda de frecuencia Nivel de sensibilidad
Monitorización de la calidad del agua	Dependiente	<ul style="list-style-type: none"> Profundidad de las piscinas Condiciones climáticas Toma de muestras en tiempo real 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de transmisión Toma de información con el uso de sensores

1.6. Alcance

Para la realización del proyecto se requiere diseñar una red de sensores inalámbricos utilizando el protocolo de tecnología zigbee con módulos Xbee S2C, se utilizarán dos módulos el primero actuara como nodo de dispositivo final al que estarán conectados los sensores de pH, temperatura y salinidad, esta información será enviada al nodo coordinador conectado a raspberry pi 3 el mismo que al recibir el paquete de datos lo almacenara en la base de datos de la plataforma IoT para posteriormente subir la información a la página IoT con dashboard que permita la visualización de sus datos en tiempo real.

Capítulo II

Marco teórico

2.1. Antecedentes del estudio

Se encuentran diferentes propuestas que se han planteado para mejorar la producción, control y calidad en las piscinas camaroneras utilizando diseño de redes, optimización de recursos, implementación de sensores inalámbrico o por medio de robótica.

Según los autores Piguave & Zambrano (2018), utilizar redes inalámbricas es más rentable que usar redes cableadas debido a lo extenso de la zona y al costo que la misma tendría; llegaron a la conclusión que los sistemas inalámbricos necesitan de un protocolo para obtener más seguridad y en este caso se demostró que zigbee es eficiente al desarrollarse en este medio junto con los módulos Xbee, así mismo los sensores que se usaron para conocer el estado de calidad del agua cumplieron con los parámetros establecidos debido a la calibración que los dispositivos deben de tener para su correcto funcionamiento.

Otro planteamiento realizado por los autores Arias, et al.(2018) ,destacan que el IoT es una tendencia tecnológica que está en constante evolución por los beneficios que la misma brinda al actualizarse con nuevas tendencias y permitir la interacción con el usuario, de forma que al enlazar sensores a plataformas IoT que muestren los datos en tiempos real, es un gran avance para cubrir necesidades industriales, lo que permite establecer una red de comunicación mediante protocolos con los que se brinde más seguridad y mayor alcance de cobertura.

Conforme el autor Maldonado & Ramírez (2018), las frecuencias en los módulos Xbee son de gran relevancia debido a que los módulos de 900MHz cubren distancias más largas ,son más viables de usar en piscinas camaroneras debido a que resisten más el agua salada pero requieren de protección ya que la salinidad puede hacer que se sulfate el componente ,así mismo presentan una tasa de datos mayor en comparación con los módulos de 2.4 GHz que son susceptibles a transmitir en potencias bajas, debido a la presencia de algún agente externo como bloques ,flora que haga que se pierda la conexión.

Según el autor Mollo & Pizarro (2018), el prototipo que realizaron cumplió con la finalidad del proyecto, se demostró que es eficaz implantar un sistema para monitorear la calidad del agua, indican que es necesario que el nodo encargado de recolectar la información trabaje con

baterías de litio que se recargan con el sol debido a que utilizar una fuente de alimentación normal no demuestra ser tan duradera es lo que se tendría que mejorar junto con un sistema de alertas sobre las muestras que se salgan de su rango establecido.

Conforme los autores Orgón, Zagajec, & Schmidt (2019), analizaron el impacto que tienen las redes de sensores inalámbricas con módulos Xbee en distancia y atenuación llegando a la conclusión que los módulos abarcan distancias hasta 100 m dependiendo de la serie del Xbee que se use, debido a que pueden ser configurados para abarcar grandes distancias de hasta 24 km dependiendo de la frecuencia en la que operen y se debe tener establecido un diseño correcto para colocar el coordinador y obtener tenga una buena señal al recolectar la información.

También se planteó un proyecto que no requiere de redes inalámbricas de sensores según Estévez & Rodas (2019), proponen la creación de un robot acuático RASSC para tomar las mediciones de pH, oxígeno, temperatura debido a la forma de protección en sus componentes, así mismo las pruebas realizadas demuestran gran efectividad con la falencia de lograr un mayor alcance inalámbrico con la implementación de antenas. Sin embargo, la implementación de un robot acuático necesita ser analizado a profundidad por sus costos de implementación ya que requiere de una red inalámbrica con mayor cobertura y la carga para su funcionamiento depende mucho del diseño con el que se trabaje en comparación con los módulos y sensores que pueden transmitir datos con el uso de paneles solares o baterías renovables para cargarse con energía solar y almacenarla para que sea usada en las noches, estos sensores están ubicados en un lugar específico que es donde se toman las mediciones, a diferencia del robot acuático.

De acuerdo con Osorio, Sánchez, García, & Lozano (2019), evaluaron la eficiencia que los módulos Xbee presentan frente a las interferencias al transmitir y recibir la información con distintos escenarios y campos electromagnéticos utilizando una topología para el diseño de red entre las que están estrella y malla, lo que proponen es crear una red con enrutadores que faciliten la comunicación y permitan abarcar más distancia sin perder la transferencia de datos manteniendo una conectividad con la red, si esta excede los -100dBm se volvería inoperable lo correcto es que la señal se mantenga hasta los -75dBm.

Otro método que propone Arias M. B. (2020), es utilizar sistemas embebidos para realizar tareas en específico que permitan reducir la pérdida de los camarones con la incorporación de módulos Xbee mediante la conexión de un módulo Ethernet que al combinarla con tecnologías

inalámbricas demuestren un beneficio en los cultivos de camarón, teniendo en cuenta el área donde se va a trabajar por las interferencias que pueden ocasionar pérdida de datos al establecer la comunicación.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Redes inalámbricas

Una red inalámbrica permite la conexión de varios dispositivos por ondas electromagnéticas sin la necesidad de tener una red cableada que sirva como medio de comunicación como se observa en la figura 1, esto facilita que se pueda establecer enlaces entre ordenadores cubriendo amplias áreas sin perder la conectividad y cobertura que pueda tener dentro de la zona ya sea a corta o larga distancia. (R, 2019). Para las redes inalámbricas se necesitan antenas que realicen la transmisión y recepción de información, también se pueden emplear antenas intermedias con las que se puede alcanzar cortas distancias en metros y los repetidores que permiten abarcar terrenos más grandes en cuestión de kilómetros.

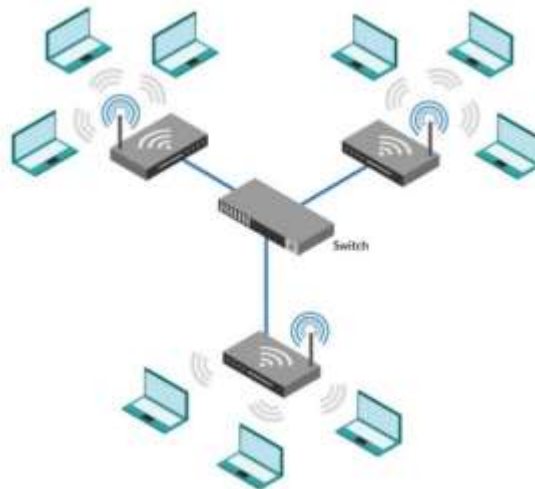


Figura 1. Red inalámbrica. Información tomada del sitio web contenido sucerman.com

2.2.2. Características de las redes inalámbricas

- Fácil instalación
- Poseen escalabilidad
- Mayor alcance de cobertura

- Tienen un ancho de banda limitado
- Ofrece accesibilidad a los usuarios
- La red puede presentar interferencias
- Es eficiente para la transmisión de datos
- La velocidad se ve limitada por los dispositivos conectados o por la ubicación donde se encuentra

2.2.3. Red de sensores inalámbricos (WSN – Wireless Sensor Network)

Una red de sensores inalámbricos ofrece una gama de nodos interconectados entre si distribuidos en un área específica que se quiera controlar o monitorear con la finalidad de transmitir la información en tiempo real por diversos medios. Para este tipo de redes los nodos que se utilizan son de bajo consumo de energía y se tiene a disposición diferentes topologías dependiendo del lugar y el alcance que se quiera obtener para expandir más la red. (Alvarado, et al., 2019)

La WSN está compuesta de nodos que trabajan de forma independiente teniendo en cuenta que el coordinador es el que maneja la red de sensores donde se va alojar toda la información por medio de microcontroladores y actuadores como se observa en la figura 2, permitiendo usar protocolos en la red y nuevas tecnologías que le otorgan más confiabilidad entre los que están Bluetooth, Zigbee con su estándar IEEE 802.15.4, Sigfox, Lora.

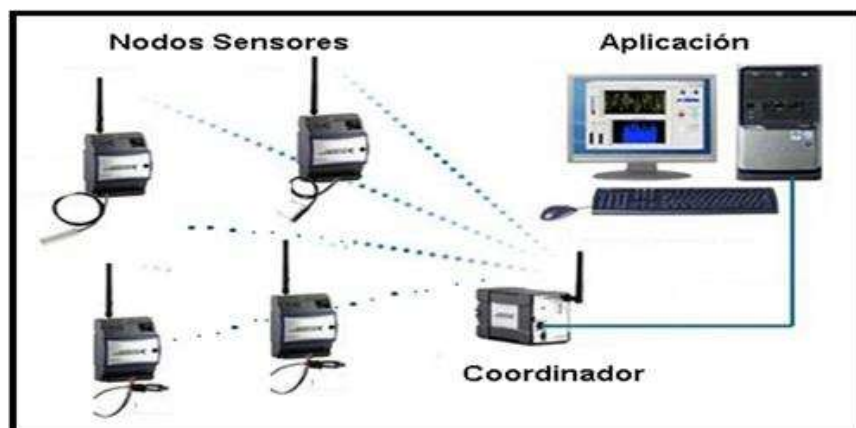


Figura 2. Diseño de una red de sensores inalámbricos. Información tomada del artículo researchgate.net. Elaborado por el autor.

2.2.3.1. Características de las WSN

Las redes de sensores inalámbricos se destacan por las siguientes características: (TechTarget, 2021).

- Se pueden integrar con otras tecnologías para usarse en áreas industriales como en agricultura, ganadería, minería, en áreas de salud.
- Tienen un menor consumo de energía lo que permite usar sistemas de energía como paneles solares, baterías recargables que aporten durabilidad y extiendan la vida del dispositivo.
- Ofrece seguridad dependiendo de la tecnología con la que se trabaje
- Permite conectar varios sensores dependiendo del área donde se quiere monitorear
- Utiliza menos recursos
- Se puede alojar la información en diferentes dispositivos que sirven como base de datos
- Es compatible con plataformas IoT entre otras que permiten visualizar información
- Se puede reparar nodos individualmente sin que se altere toda la red
- Se puede cambiar la configuración del sensor en caso de algo daño o alteración.
- Ahorro de energía puede ser usado en lugares donde es difícil acceder o tomar muestras con una durabilidad de unos 5 a 10 años

2.2.3.2. Elementos de una red de una WSN

Las redes de sensores inalámbricas se forman a partir de los siguientes elementos que permiten establecer el enrutamiento y seguridad a la estructura de la red:

Nodo sensor: Es el que se encarga de tomar los datos de los sensores y los transmite por medio de sus módulos al nodo mayor que está configurado como la base receptora de información, la misma que obtiene información y la convierten en señal.

Se tiene diversos modelos de sensores que se implementan para mejorar el área que se quiere trabajar, los cuales tiene la capacidad de realizar mediciones, emitir alertas y reaccionar ante algún problema que se presente.

Gateway: También llamado puerta de enlace es un dispositivo enrutador que se configura para traducir datos, es decir permite interconectar redes usando un protocolo para que así se envíen de un lado a otro la información adaptándose al protocolo que usan en la red destino. En las IoT el Gateway establece la comunicación remota gestionando el tráfico para que el tiempo de respuesta sea el adecuado al realizar el envío y recepción de datos de sensores, actuadores para la comunicación y funcionamiento de los dispositivos. (Puerta de enlace , 22)

Estación base: Es donde llega la información final de cada uno de los nodos para ser almacenados o expuestos en alguna plataforma para su posterior evaluación.

2.2.3.3. Estándares y tipos de tecnología WSN

Las redes inalámbricas se clasifican en distintos tipos dependiendo del área en el que se lo quiera emplear, permitiendo una comunicación sin necesidad de usar cables. Debido a la evolución que ha tenido la industria, la incorporación de nuevas tecnologías representa una ventaja por su almacenamiento de datos y los estándares que las tecnologías manejan. Los estándares permiten la integración de equipos, acceso, interconexión de dispositivos según la tecnología con la que se trabaje.

Los estándares de tecnologías inalámbricas facilitan el uso apropiado del espectro electromagnético tanto de televisión, radio, satelital vía microondas entre otras, es la forma más segura de mantener un orden y un control de las distribuciones en una red. Se tiene los siguientes tipos de tecnologías:

2.2.3.3.1. Wifi

Es una tecnología inalámbrica con el estándar IEEE 802.11 que se usa para la conexión a internet, el mismo que por medio de ondas de radios envía la información desde un enrutador hasta el dispositivo final, transmitiendo los datos hasta donde llegue la cobertura. permitiendo conectar varios dispositivos, ordenadores para la transmisión de datos.

El wifi representa una ventaja frente a las conexiones cableadas debido a que es más factible usarla en zonas donde no se puede conectar cables o por los costos de instalación que se necesitaran. Estas redes inalámbricas están sujetas a sufrir interferencias por las estructuras o el

medio en el que se encuentre lo que hace que se pierda la señal por eso es importante saber dónde se va a conectar el router para una adecuada conexión. (Valero, 2022)



Figura 3.Red Wifi. Información tomada del sitio web redesinalambricas.es. Elaborada por el autor.

2.2.3.3.2. Zigbee

Se basa en el estándar IEE 802.15.4 que permite monitorizar y controlar dispositivos que se encuentren conectados ofreciendo una comunicación más segura, de bajo costo con una tasa baja para el envío de datos donde las baterías de sus dispositivos pueden obtener una larga durabilidad lo que la convierte en una solución inalámbrica de gran relevancia.

Actualmente Zigbee es usado en áreas industriales, domótica que permite integrarse a las IoT con sus módulos y sensores utilizando un tipo de red mesh o más conocida como malla, el mismo que consta de un nodo coordinador, router y nodo de dispositivo final. (Digi, Red de malla inalámbrica Zigbee, 2020)



Figura 4.Equipos que se pueden manejar con la tecnología zigbee. Información tomada del artículo researchgate.net. Elaborado por el autor.

2.2.3.3.3. Bluetooth

Bluetooth es una tecnología inalámbrica que posee un estándar internacional IEEE 802.15.1 con topología punto a punto, el mismo que se da entre dos dispositivos. Se caracterizan por ser de corto alcance permitiendo enviar y recibir datos, imágenes y archivos, usualmente vienen incorporados en dispositivos telefónicos, dispositivos de audio, entre otros. Su conexión es sencilla y de bajo costo, lo que implica que para enviar archivos pesados se demora más de lo normal debido a que la velocidad de transferencia es baja. Para que funcione, el receptor debe aceptar el envío de datos, en caso de no hacerlo no se aceptara la comunicación y los datos no serán compartidos. (García, 2022)

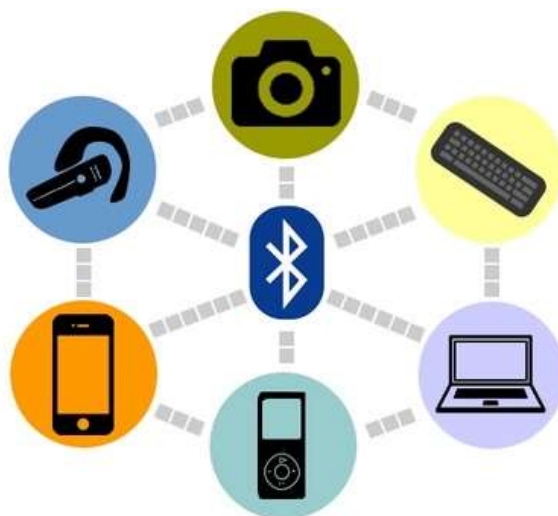


Figura 5. Conexión de equipos mediante red inalámbrica bluetooth. Información obtenida del sitio web tecnologia-informatica.com. Elaborado por el autor.

2.2.3.3.4. Lora

Lora es una tecnología inalámbrica de amplio espectro que utiliza LoraWAN como su estándar para realizar la comunicación, es decir, permite trabajar en áreas extensas por la gran cobertura o alcance que tiene, a su vez es tolerante al ruido, ofreciendo un bajo consumo de energía el mismo que puede utilizar energías renovables como las zigbee. Esta tecnología permite incorporar sensores lo que le abre paso a ser utilizada en aplicaciones IoT como Smart Cities o construcción de redes convirtiéndolo en una revolución por sus grandes beneficios que tiene. (Hernandez, 2019)



Figura 6. Uso de la tecnología Lora en la industria. Información tomada del sitio web elabcrural.com. Elaborada por el autor.

2.2.3.4. Aplicaciones de las (WSN – Wireless Sensor Network)

En el mundo tecnológico las nuevas tendencias y avances han permitido desarrollar más a fondo las redes inalámbricas de sensores para incursionar en diversos campos por su bajo costo de implementación, y ser usado en lugares donde es difícil acceder, por tal motivo tiene una gran demanda en el mercado por lo beneficioso y óptimo que resulta para mejorar la distribución de datos mediante la creación de enlaces. (Ukhurebor, y otros, 2020)

Entre las aplicaciones destacan las siguientes:

2.2.3.4.1. Área de Salud

Las redes de sensores se han acoplado a las necesidades y requerimientos en el área médica por su flexibilidad al presentarse como una mejora en tendencias tecnológicas para cubrir necesidades que afectan la salud del ser humano y ayudar a llevar un control más específico de los pacientes para detectar enfermedades a tiempo, controlar ritmos cardíacos, programarse ante cualquier problema de salud y controlar signos vitales sin que los dispositivos generen algún tipo de radiación. Adicional a esto se cuenta con dispositivos que permiten localizar al familiar con mensajes de alerta en caso de que se encuentre en peligro. (Pengfei, Boon, & Yixin, 2019)

Los sensores más destacados del área de salud se pueden observar en la figura 7.



Figura 7. Tipo de sensores que se usan en el área de la salud. Información tomada del sitio web elabcrural.com. Elaborado por el autor.

2.2.3.4.2. Domótica

Actualmente con el internet de las cosas se puede hacer posible la integración de sensores, módulos y actuadores en los hogares permitiendo la interconexión entre dispositivos, donde los propietarios pueden desde sus teléfonos u ordenadores controlar y monitorear sus casas sin necesidad de estar presentes convirtiéndola en una “Smart Home” como se observa en la figura 8, teniendo que en cuenta que las IoT van más allá de domotizar. También está diseñado para el uso de personas mayores o con alguna discapacidad que se les dificulte realizar algunas tareas en el hogar. (Chausaria & Jain, 2019)

Con los protocolos adecuados la IoT se vuelve más segura debido a que estar conectado a internet puede provocar algún tipo de ataque cibernético, virus por el medio en el que se transmite, puede existir fuga de datos.



Figura 8. Implementación de una red de sensores para domotizar una casa. Información tomada del sitio web graviton-espacios.com. Elaborado por el autor.

2.2.3.4.3. Industrial

En el sector industrial los sensores cumplen la función de automatización que es la parte fundamental para el manejo de la seguridad, monitoreo de información, supervisión, todo lo que le permita por medio de un grupo de sensores analizar algún problema o alteración que se presente en el proceso de producción, para así conocer específicamente donde está ubicado el problema y poderlo solucionar tomando medidas preventivas y diagnosticar de forma eficaz el origen de la alteración. Con la incorporación de los sensores, las máquinas pueden operar de forma automática evaluando su desempeño a través de la información que se almacena en los servidores.

Entre los que se destacan los siguientes:

2.2.3.4.3.1. Ambientales

En la actualidad monitorear zonas boscosas, áreas protegidas, realizar seguimiento a los cultivos es posible por la intervención de las WSN, el incorporar sensores ha facilitado el control y almacenamiento de información en tiempo real para prevenir desastres naturales como incendios forestales como se observa en la figura 9, es decir detector de humo donde por medio de alertas es posible localizar con rapidez el lugar donde se está produciendo el problema, así mismo medir temperaturas climáticas entre otras variables del ambiente. (Hudhajanto, et al., 2018).



Figura 9. Diseño de una red de sensores para monitorización ambiental. Información tomada del sitio web elmundo.es. Elaborado por el autor.

2.2.3.4.3.2. Agrícolas

La agricultura constituye una fuente de crecimiento económico para los países donde se desarrolla, siendo de vital importancia para el sustento de muchas familias debido a que proporciona alimentos para la distribución de los productos dentro y fuera del país. Con la implementación de las redes de sensores inalámbricos el agricultor puede reducir costos, conocer la humedad para determinar si la tierra con la que va a trabajar es fértil como se observa en la figura 10, así mismo establecer si la temperatura de la tierra es la adecuada para cultivar, lo que permite manejar un proceso de monitorización más avanzado como sistemas de riego. (Rathniman, et al., 2019).

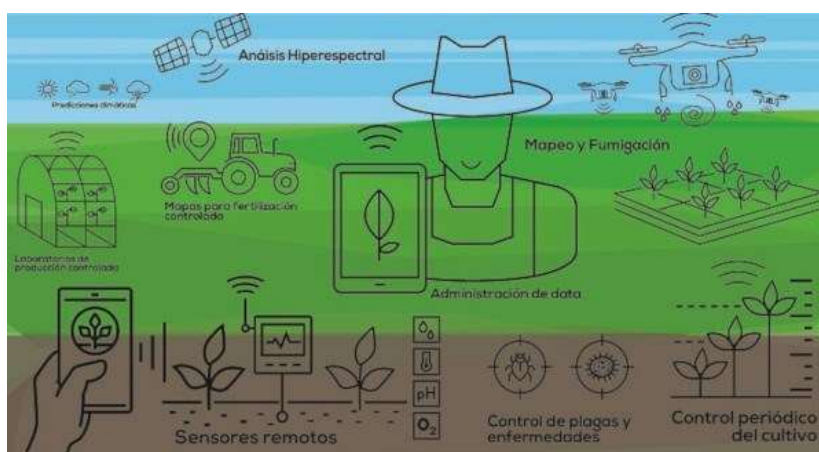


Figura 10. Control de maquinaria agrícola mediante el uso de sensores. Información tomada del sitio web tractoresymaquinas.com. Elaborado por el autor.

2.2.3.4.3.3. Agropecuarias

En la industria agropecuaria se tiene la propuesta de implementar redes inalámbricas para el control de la calidad del agua en estanques de peces o criaderos de camarón que permita monitorear de forma eficiente si hay algún problema que afecte el estado normal del agua como lo es la salinidad, el oxígeno, el pH como se aprecia en la figura 11 debido a que si alguno de ellos llegara a pasarse de su rango pueden hacer que el acuicultor pierda toda su producción de trabajo.

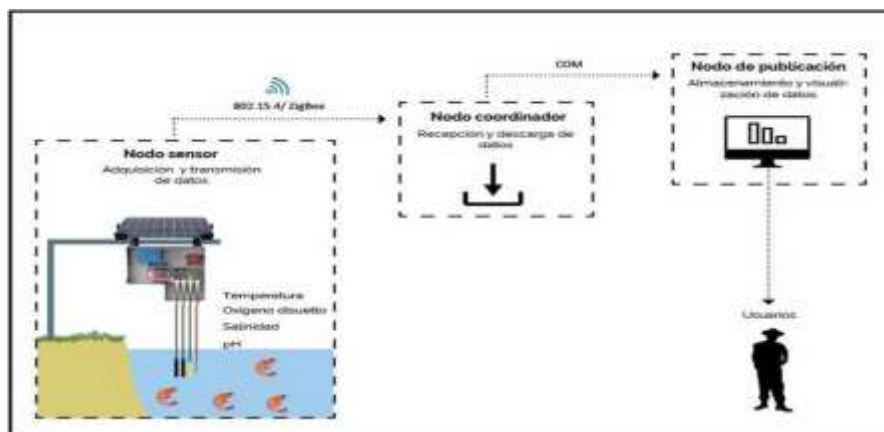


Figura 11. Diseño de un sistema de sensores para monitorear criaderos del sector acuícola. Información tomada de la revista redalyc.org. Elaborado por el autor.

2.2.3.4.3.4. Automotriz

La industria automotriz se va adaptando a la innovación tecnológica que se presenta, en la actualidad se cuenta con redes de sensores para identificar lugares para parquear o espacios vacíos en algún centro comercial, las misma que se pueden obtener por información satelital, con la integración del GPS, colocando sensores en las vías que permitan dar información sobre cómo está el tráfico, así mismo la utilización de radares, alarmas para detectar algún robo y sensores que detecten si hay contaminación ambiental del vehículo que se maneja. (Chu & Liu, 2020) Actualmente se siguen incorporando sensores para brindar mayor seguridad al usuario e incorporar nuevos proyectos para automatizar el funcionamiento de los medios de transporte como se aprecia en la figura 12.

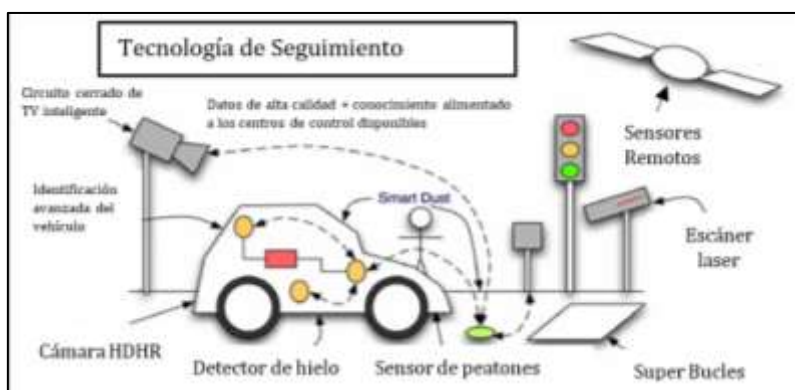


Figura 12. Sensores utilizados por la industria automotriz para brindar mayor eficiencia y seguridad. Información tomada del repositorio.unican.es. Elaborado por el autor.

2.2.3.5. Arquitectura

La arquitectura de una red determina los componentes tanto de hardware, software que forman la red donde intervienen los protocolos, las configuraciones y las capas, para la correcta construcción del medio donde se establece la comunicación como se observa en la figura 13, esto puede variar dependiendo del área donde se lo va a desarrollar con los requisitos que la misma necesita para establecer una adecuada conexión. (Hernández & Lugo, Características de la Arquitectura de Red, 2022)

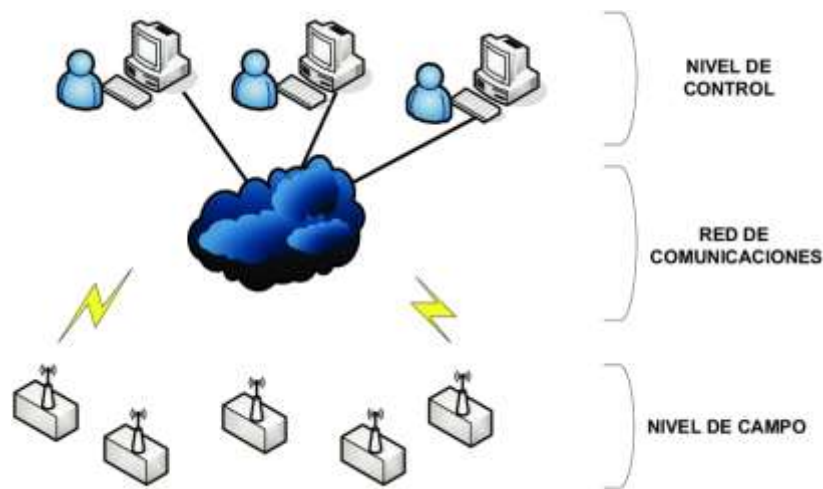


Figura 13.Arquitectura de una red inalámbrica de sensores. Información tomada de researchgate.net . Elaborado por el autor.

2.2.3.5.1. Características de Arquitectura

Para establecer una buena arquitectura de red se debe conocer las siguientes características (Hernández & Lugo, Características de la Arquitectura de Red, 2022):

Tolerancia a fallas

Tener una red con tolerancia a fallas permite controlar la colisión que presentaría la red es decir si al enviar una información la ruta o el enlace en la que se envía se vea afectada, la red envía el mensaje por otra ruta para que llegue la información al usuario final sin que se conozca la falla que ocurrió.

Calidad del servicio

La calidad de servicio se refiere a la prioridad que tienen ciertos dispositivos o programas que son usados con mayor frecuencia por los usuarios para administrar el tráfico de la red, considerando que la transmisión, el ancho de banda y el rendimiento sean los adecuados.

Escalabilidad

Se encarga de mantener el rendimiento de la red por los constantes usuarios que se van agregando a la misma, para esto se necesita tener un diseño de la estructura física donde se va a trabajar así mismo de la arquitectura lógica para que no se vea afectado el funcionamiento del medio de comunicación.

Seguridad

Es una de las partes más importantes de la red debido a que debe ofrecer al usuario la confianza de que su información no va a ser vulnerada, que no exista fuga de información, ni acceso a los dispositivos u ordenadores, ya que al ser una red que se conecta a internet son propensas a sufrir ataques, por eso se debe de mantener los firewalls activados, contraseñas cifradas entre otros métodos de protección.

La red de sensores se forma con nodos distribuidos que utilizan almacenamiento, procesadores, actuadores por medio de una red donde se establece la comunicación. (Arquitectura de red de sensores inalámbricos y sus aplicaciones , 2022)

Se encuentran varios tipos de arquitecturas para sensores inalámbricos entre los que destacan:

- La arquitectura centralizada que está formada por un solo nodo central o también llamado nodo de fusión en el que recae toda la solvencia de la red, este se encarga de recolectar la información de todos los nodos sensores con la ventaja que detecta algún dato erróneo que se haya enviado.
- La arquitectura descentralizada no consta de un solo nodo central, al contrario, cada uno de los nodos que conforman la red se conectan entre si fusionando datos, los mismos que tiene la capacidad de acceder a la base de datos y conseguir la información de los otros nodos.

2.2.3.5.2. Topología de red

La topología es la forma en la que se van a organizar los componentes dentro de una red para establecer la comunicación y el envío de datos, es decir es esencial para establecer un buen diseño de red donde hay una parte física que son los medios de transmisión como cableados u otros dispositivos y lógica donde los hosts acceden al medio para enviar información. (InternationalIT, 2021)

Se encuentran los siguientes tipos de topologías:

2.2.3.5.2.1. Topología tipo estrella

Es la que se caracteriza por formar una red de ordenadores conectados a un punto central como un repetidor, conmutador donde pasa toda la información de un dispositivo a otro, es decir los dispositivos no están conectados entre sí y no permite que exista mucho tráfico de información para que el rendimiento de la red sea el adecuado como se observa en la figura 14 ya que también depende del tamaño. (Julio, 2021)

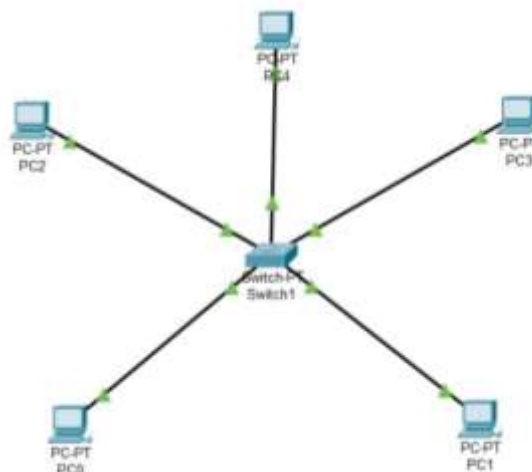


Figura 14. Topología estrella. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

2.2.3.5.2.2. Topología tipo malla

Una topología de malla también conocida como red de trama permite la interconexión de nodos donde cada dispositivo puede enviar la información por distintos caminos convirtiéndola

en una red auto enrutable, es decir, que, si un nodo llegara a fallar, no afecta el funcionamiento normal de la red ya que se buscaría otra ruta para intercambiar datos como se observa en la figura 15. (Julio, 2021)

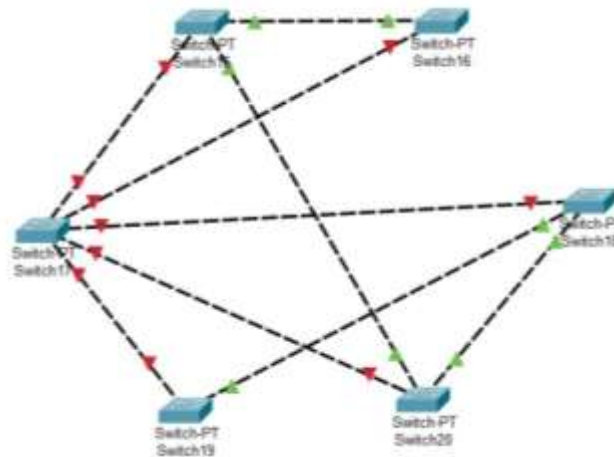


Figura 15. Topología malla. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

2.2.3.5.2.3. Topología tipo árbol

La topología tipo árbol o jerárquica tiene similitud a las redes de estrella con la diferencia de que no se encuentran conectadas a un nodo central, esta red cuenta con un nodo de enlace troncal en donde se conectan los demás nodos que comparten un mismo medio de comunicación como se muestra en la figura 16, es decir a cada nodo conectado o denominadas estaciones les llega la información. (Orellana & Orellana, 2022)

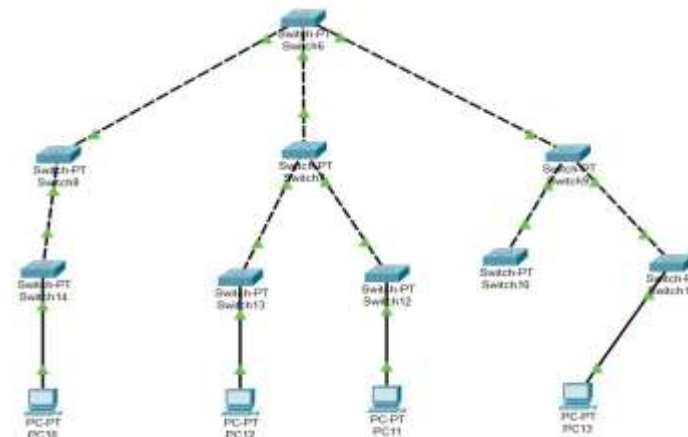


Figura 16. Topología de árbol. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

2.2.3.5.2.4. Topología tipo Bus

La topología tipo bus cuenta con un solo canal de comunicación es decir un solo cable para enviar la información de un dispositivo a otro, pero se ve afectada cuando dos dispositivos quieren enviar información al mismo tiempo, es una red que no ocupa tanto espacio como otras redes, pero solo permite conectar cierta cantidad de dispositivos considerando que la señal no se vea afectada, la misma que cuenta con un bajo costo de instalación. (Julio, 2021)

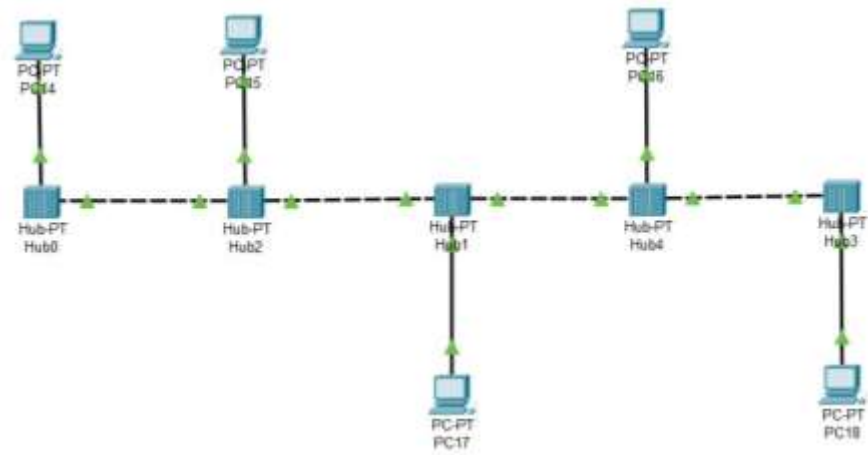


Figura 17. Topología bus. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

2.2.3.6 Nivel Físico

2.2.3.6.1. Sensor de Temperatura

Los sensores de temperatura o también conocidos como sondas de temperatura son dispositivos que se utilizan para detectar los cambios de temperatura en el agua o en el aire para transformarlas en señal eléctrica. Debido a las altas temperaturas a la que pueden estar expuestos. Estos sensores vienen protegidos con vainas metálicas para evitar daños y permitir un buen funcionamiento.

Los sensores de temperatura más usados se los detalla en la tabla 2.

Tabla 2.Tipos de sensores de temperatura

Tipos de sensores de temperatura	Descripción
Sensor TC74	Es un sensor digital de bajo costo que convierte la temperatura dentro del mismo sensor, el mismo que usa el protocolo I2C para realizar la comunicación.
Sensor TMP36	Es un sensor apto para temperaturas bajas utilizado en sistemas ambientales, en procesos industriales y en la CPU como gestor térmico.
Sensor DS18B2	Es uno de los sensores diseñados para medir temperaturas en ambientes húmedos esenciales para tomar temperaturas dentro del agua debido a su sonda impermeable.
Termocupla tipo k	Se caracteriza por controlar ambientes industriales donde se necesitan respuestas rápidas para el control en atmosferas neutras.

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

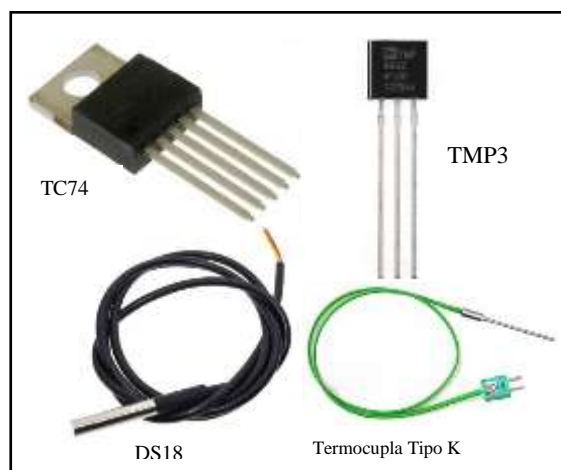


Figura 18. Sensores de temperatura. Información tomada de programarfacil.com en el año 2022. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

2.2.3.6.2. Sensor de pH

Los sensores de pH son esenciales en las industrias que requieren medir acidez o alcalinidad en una muestra o área en específico, a través de las sondas de pH se obtienen las lecturas para ser analizadas. Se utilizan en aguas residuales, bebidas, sustancias químicas entre otras. Los sensores son de calibración analógica por lo que requieren usar una sustancia conocida para ajustar la lectura al valor de la sustancia.

Se tiene varios tipos de sensores que dependen del uso que se les vaya a dar y se encuentran en la tabla 3.

Tabla 3. Tipo de sensores de pH

Tipos de sensores de pH	Descripción
Sensor pH-E-201-C	Es un sensor que permite tomar las mediciones del pH por medio de una sonda, es utilizado para monitorear y controlar áreas ambientales.
Sensor de pH-RS485	Es un sensor digital usado para el monitoreo de aguas residuales, también se puede usar en tierra sin dañarse ni corroerse con una fácil instalación.
Sensor de pH/ORP-1901 ^a	Funciona en áreas industriales para tomar muestra del agua con precisión y así tener un control sobre el pH
Sensor de pH- 8201	Es empleado para medir sólidos y líquidos de una muestra en temperaturas tanto altas como bajas, empleadas en áreas de elaboración alimenticia y bebidas entre otras

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca



Figura 19.Sensores de pH. Información tomada de uelectronics.com en el año2022.Elaborado por Vaca Juca Evelin

2.2.3.6.3 Sensor de salinidad

El sensor de salinidad es muy usado en industrias agropecuarias como se aprecia en la imagen 20 debido a la importancia que tiene en el medio acuático, para medir las soluciones adecuadas de sal en un área determinada con la ventaja de ser resistente al agua que se detalla en la tabla 4, la misma que se mide en partes por mil (ppt), a su vez permite realizar una comparación con respecto a los otros factores que afectan o producen un cambio en la salinidad como la temperatura.



Figura 20.Sensores de salinidad. Información tomada de alphaomega-electronics.com en el año 2022.Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Tabla 4.Tipos de sensores de salinidad

Tipo de sensores de salinidad	Descripción
Sensor TDS	Se encarga de medir los sólidos que se encuentran en el agua para determinar si la calidad el agua se ha visto afectada.
Sensor RK500-23	Se caracteriza por sus múltiples aplicaciones para medir la calidad del suelo, usado en agricultura, aguas residuales con alta confiabilidad.
Sensor 4-20MA	Usado para monitorear áreas de acuicultura para el cálculo correcto del oxígeno debido a que la salinidad influye a que cambie, viene con protección a sobrecalentamientos.

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

2.2.3.7 Nivel de enlace

2.2.3.7.1. Microcontroladores

Es como una mini computadora que controla los dispositivos de entrada y salida para el procesamiento de datos, a su vez permite tomar decisiones según la programación que se le asigne. Se usa para el desarrollo de múltiples aplicaciones como el monitoreo de algún fenómeno, incorporar sensores, alarmas, entre otros todo depende del uso que se le quiera dar.

2.2.3.7.2. Arduino uno

Es una placa de código abierto que contiene un microcontrolador y componentes integrados que permiten conectar diferentes dispositivos para su funcionamiento, la información que se obtenga pasa por el microcontrolador el mismo que procesa los datos. En su estructura consta de pines tanto analógicos como digitales con el que se pueden desarrollar múltiples proyectos y a su vez permite la conexión con otras tecnologías como módulos ethernet, lora, Xbee entre otros.

2.2.3.7.3. Xbee

Los módulos Xbee se comunican por un medio inalámbrico el mismo que permite la interconexión de dispositivos, estos radios cuentan con entradas y salidas tanto analógicas como digitales donde se pueden incorporar otros dispositivos como sensores y transmitir su información a una distancia establecida sin que se pierdan los datos o deje de transmitir, según el área en el que se encuentre, a su vez usa un protocolo de red Zigbee IEEE 802.15.4 para la creación de redes. (Digi, 2022)

2.2.3.7.3.1 Modo de operación

Los módulos xbee se pueden comunicar de forma independiente y a su vez son compatibles con los microcontroladores como el arduino que permiten procesar los datos que son enviados desde el nodo sensor. Los dispositivos se enlazan a otras placas mediante una comunicación en serie el mismo que presenta dos modos de operación: modo API y modo transparente.

Modo API

API, o por sus siglas en inglés “Application Programming Interface” es una alternativa al modo transparente. En este modo, el protocolo es el que determina la manera en que la información es intercambiada como se muestra en la figura 21. La data es enviada en paquetes conocidos como tramas, estas tramas son organizadas y son enviadas en un determinado orden. (Digi, API mode in detail, 2021)

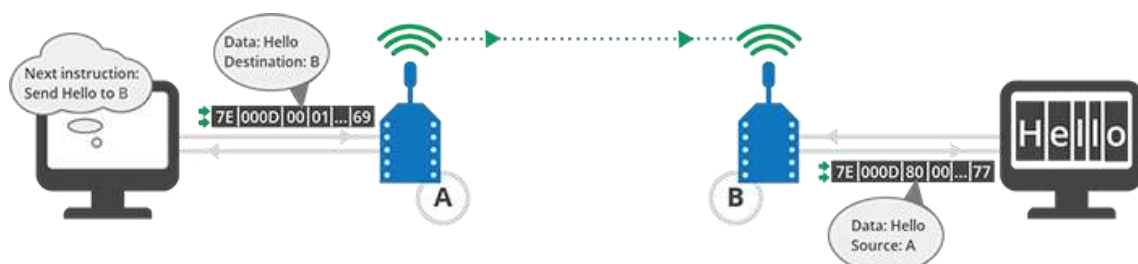


Figura 21. Envío de tramas en modo API. Información tomada de digi.com en el año 2022. Elaborado por Vaca Juca Evelin

En el XCTU en la sección de parámetros existe la opción de cambiar el Ap y se lo configura con modo API ENABLE, adicional en el modo API los datos son enviados en forma de trama como se aprecia en la figura 22y así se obtiene el dato que se está enviando.

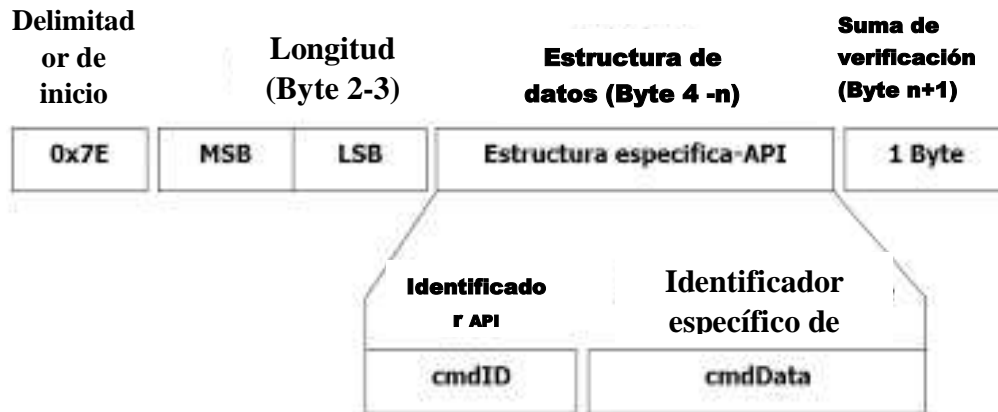


Figura 22. Estructura de una trama en modo API. Información tomada de redalyc.org en el año 2022. Elaborado por Vaca Juca Evelin

Modo Transparente

Se denomina modo transparente debido a que la información se pasa exactamente como es recibida como se muestra en la figura 23. En este modo todos los datos recibidos en serie por el módulo de radio son enviados vía inalámbrica a un módulo Xbee; cuando este módulo recibe los datos, estos son enviados a través del puerto serial tal cual como fueron recibidos. (Digi, XBee transparent mode in detail, 2021)



Figura 23. Envío de trama en modo AT. Información tomada de digi.com en el año 2022. Elaborado por Vaca Juca Evelin

El modo AT se maneja bajo los siguientes comando accediendo a la pestaña terminal y digitando los siguientes comandos que se detallan en la tabla 5.

Tabla 5.Comandos modo AT

Comandos	Descripción
ATND	Muestra los dispositivos conectados a la red del nodo coordinador
ATCH	Muestra el canal por el cual se realiza la comunicación
ATSH	Indica el serial con el que cuenta el dispositivo es decir el mas alto
ATBD	Muestra la velocidad con la que se esta trabajando en baudios
ATSL	Indica el serial con el que cuenta el dispositivo es decir el mas bajo

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

2.2.3.7.4. Raspberry pi

Es un ordenador que tiene su propio sistema operativo, pero también admite incorporar otros, tanto el hardware como software se manejan de forma libre. Tiene múltiples funciones, es usado para el desarrollo de prototipos, para la creación de servidores o como un medio para enviar información a la nube, emular plataformas, controlar algún dispositivo entre otros.

2.2.3.8. Nivel de Aplicación

2.2.3.8.1. Plataformas web IoT de sincronización de datos

En la actualidad las plataformas IoT continúan en crecimiento debido a la gran demanda que tienen dentro de la industria por la automatización y el control de los dispositivos, las plataformas pueden ser usadas en cualquier entorno por ser la base que permite interconectar dispositivos como actuadores, sensores en un área digital para que la información sea almacenada y expuesta para su posterior análisis. (Barbara, 2021)

Es importante conocer qué tipo de plataforma se va a usar ya que debe de ofrecer seguridad por el manejo de datos que existe y ayudar a recopilar la información de forma efectiva. Dentro de las IoT se tiene las siguientes plataformas:

2.2.3.8.1.1 Cayenne

Es una de las plataformas IoT que permite realizar prototipos, en la cual no se necesita tener programación para poder acceder a sus configuraciones, por ese motivo esta plataforma se ve limitada ya que al usuario le toca adaptarse a tener pocas opciones de aplicación. Sin embargo, permite desplegar paneles de control para visualizar la información de los dispositivos o sensores que están conectado por medio de un bróker MQTT, la plataforma puede trabajar con Arduino, raspberry pi, dispositivos lora, entre otras placas. (Pizarro, 2019)

Cuenta con plataformas para teléfonos Android e IOS y a su vez detecta que tipo de información se está recibiendo para colocar el respectivo gráfico para identificarlo de los demás sensores.



*Figura 24. Plataforma IoT Cayenne. Información tomada de engineering.com.
Elaborado por el autor*

2.2.3.8.1.2 Ubidots

Ubidots es una plataforma muy usada por las industrias por el análisis de datos que se maneja a través de los procesos que permiten controlar y visualizar los datos en tiempo real, se puede incorporar varios dispositivos los mismo que pueden trabajar con protocolos MQTT, HTTP entre otros debido a que la plataforma contiene dashboard como tablas, widgets de control entre otros indicadores; así mismo cuenta con alertas que se pueden configurar para ser enviadas a través de correo electrónico. (Mier, 2020)

Permite procesar datos cada segundo los mismo que son almacenados en el servidor que tiene ubidots en la nube y a su vez permite descargar reportes en formato CSV de las lecturas que están tomando los sensores y así poder tener un respaldo de la información.



Figura 25. Plataforma Ubidots. Información tomada de ubidots.com. Elaborado por el autor.

2.2.3.8.3. Thinger .io

Thingier.io es una plataforma de código abierto que permite incorporar cierta cantidad de dispositivos, es fácil de usar para el manejo del usuario debido a que cuenta con librerías que pueden ser exportadas desde el Arduino y a su vez permite almacenar y mostrar datos personalizados en los dashboard, también se puede integrar con API REST y cuenta con servidor en la nube; sin embargo, dependiendo si la versión usada es la gratuita solo se puede usar dos sensores con cuatro dashboard. Su aplicación va para industrias medianas, hogares entre otras. (Rodriguez, Figueredo, & Chica, 2018)



Figura 26. Thinger io. Información tomada de thethingsnetwork.org. Elaborado por el autor.

2.2.3.8.4. ThingSpeak

ThingSpeak es una plataforma que cuenta con servidor en la nube para almacenar los datos que envíen los sensores a través del dispositivo que se encarga de subir la información es decir es una interfaz que permite la visualización de información por medio de histogramas, gráficos, aplicaciones móviles para su posterior análisis. Cuenta con la integración de aplicaciones como

Matlab para analizar los datos y eliminarlos. Los dispositivos conectados se manejan bajo el protocolo HTTP ya sea por medio del internet o una red local. (Thingspeak, 2018)



Figura 27. Plataforma ThingSpeak. Información tomada de iotone.com . Elaborado por el autor

2.3 Marco legal

En la presente investigación se justifica de manera legal la aplicación de las leyes que rigen en el país para el desarrollo de un diseño de red de sensores inalámbricos que se desglosan a continuación:

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

En el Artículo 385 se tiene como finalidad el estudio de nuevas tendencias tecnológicas que permitan mejorar e impulsar la productividad de diferentes áreas con la finalidad de contribuir a la adquisición de nuevos conocimientos y métodos que mejoren la calidad de vida.

En el Artículo 387 se garantiza impulsar nuevos estudios con conocimientos científicos que contribuyan al buen vivir, a la preservación del ambiente junto al sumak kawsay y permita alcanzar un desarrollo más sustentable en conjunto con la sociedad.

En el Artículo 413 detalla que el Estado promueve prácticas tecnológicas con energías renovables que sean de bajo impacto, enfocadas en mantener un ambiente limpio para no afectar la cadena alimenticia logrando un equilibrio en el ecosistema y la calidad del agua. (Constitución de la Republica del Ecuador, 2015)

Mediante estos artículos se tiene constancia del impulso que tienen las nuevas tendencias tecnológicas para mejorar sectores productivos del país, que son la base para la innovación a través de investigaciones que avalen el aporte y el beneficio que se tendrá al incorporar nuevas prácticas tecnológicas para tener un control más automatizado y a su vez optar por otras forma de obtener energía, por una más sustentable como lo son las energías renovables mediante el

uso de paneles solares entre otros y así impulsar al estudio científico y tecnológico en la sociedad.

2.3.2. Ley Orgánica de Telecomunicaciones

En el Artículo 3 se encuentran los objetivos de la ley, los mismos que detallan promover el crecimiento de las telecomunicaciones con nuevos productos y servicios incentivando el desarrollo en distintas áreas de aplicación, con redes que ofrezcan alta velocidad y a su vez hacer uso adecuado del espectro radioeléctrico y acceso a banda ancha.

En el Artículo 9 se establece que las redes de telecomunicaciones son sistemas que se manejan por medio de la transmisión y recepción de información ya sea por medio de voz, datos entre otras, estas pueden estar enlazadas por un medio físico (cableado) o un medio inalámbrico el mismo que debe cumplir con normas técnicas de prevención y políticas que establecen en el país donde influye el servicio de telecomunicaciones que se contrate.

En el Artículo 17 de comunicaciones internas no es necesario contar con un título para el uso o instalaciones de redes de intercomunicación interna ya sea en urbanizaciones o en entidades comerciales, pero bajo las siguientes normas donde no se vean afectados otras redes de telecomunicaciones ni la prestación de sus servicios y a su vez no se debe de explotar ni usar el espectro radioeléctrico. (Ley Orgánica de Telecomunicaciones , 2015)

Los artículos mencionados permiten desarrollar más a fondo las redes de telecomunicaciones en el país para que los usuarios puedan tener acceso a redes de alta velocidad con una buena cobertura e ir fortaleciendo más el sector de las telecomunicaciones para su desarrollo y expansión, donde las redes inalámbricas y cableadas no provoquen contaminación visual ,a su vez las redes cableadas tiene la opción de colocarse de forma subterránea según las políticas establecidas teniendo en cuenta la importancia del espectro radioeléctrico que no puede ser explotado libremente.

2.3.3. Ley Orgánica de Desarrollo de la Acuicultura y Pesca

En el Artículo 18 de atribuciones del instituto público de acuicultura y pesca se asigna la investigación científica para incorporar nuevas tecnologías que permitan innovar y aprovechar los recursos hidrobiológicos para tener una acuicultura más sustentable que permita tomar las medidas correcta y aprovechar los recursos para un buen manejo.

En el Artículo 31 se establece que se debe cumplir con un control sanitario en la industria acuícola y pesquera para que la calidad de los animales acuáticos sea la adecuada y esté libre de enfermedades lo que induce a controlar la calidad el agua ya que eso provocaría una alteración por los residuos que se quedan.

En el Artículo 58 conforme a la preservación ambiental se establece que se debe evitar la contaminación del agua que afecta el área donde se encuentra empleada la acuicultura o pesca, la misma que debe mantener un habitat sustentable para una adecuada producción y garantizar la cadena alimenticia para la exportación. (Ley Orgánica para el desarrollo de la acuicultura y pesca, 2020)

Mediante este artículo se promueve el cuidado y desarrollo del sector acuícola para garantizar las condiciones del agua, preservar el ambiente e incentivar la productividad mediante gestiones que garanticen que el producto crezca de manera adecuada respetando los estándares de calidad junto al monitoreo de las piscinas para que ningún agente externo altere el área y se pueda tener una buena administración y control del mismo para evitar poner en riesgo los cultivos.

Capítulo III

Metodología

3.1. Enfoque de la investigación

Para la realización del proyecto se utilizan dos tipos de investigaciones denominada investigación mixta que permite extraer la información que se necesita para la elaboración y funcionamiento de la propuesta, entre las que están:

3.1.1. Investigación cuantitativa

Es cuantitativa por los datos que se deben recolectar para analizar cómo se realiza la toma de muestras dentro de la camaronera Empagran, lo mismo que van a permitir obtener los parámetros más críticos entorno a las piscinas de camarón mediante la realización de encuestas y análisis estadísticos para llegar a probar los objetivos que se establecieron y la hipótesis que se plantea.

3.1.2. Investigación cualitativa

En esta parte de la investigación cualitativa se complementa la información que se ha obtenido con informes, conversaciones y entrevistas realizadas al gerente y empleados de la empresa camaronera para tener una base que sirva de complemento para el desarrollo del proyecto.

3.2 Marco Metodológico

3.2.1 Método bibliográfico

Según el autor (Arteaga, 2020) para comenzar a realizar un trabajo investigativo es esencial realizar una revisión bibliográfica que puede obtenerse de distintas fuentes entre libros, artículos científicos, páginas web, blogs, revistas entre otros; debido a que es la fuente que contiene la información más relevante para el desarrollo y sustento del documento, donde se debe citar la información que se encuentre.

La investigación bibliográfica permite a través de la recopilación de información comparar, buscar y encontrar una solución al problema que se plantea, esto permite el desarrollo y elaboración del trabajo a realizarse.

3.2.2. Método experimental

Mediante este método se observa el funcionamiento con el que se va desarrollando el prototipo conociendo sus funcionalidades, características y errores de prueba, que se van a mejorar con las correcciones que se vayan dando para conseguir que el funcionamiento sea el adecuado y a su vez mediante el uso de software determinar el alcance que tendrá el diseño de red.

3.2.3. Método de campo

Por medio de este método se pueden utilizar herramientas como encuestas y entrevistas en el lugar donde se va a trabajar, en este caso la camaronera, para que los datos obtenidos permitan determinar la factibilidad de instalar nodos con sensores en las piscinas teniendo en cuenta las mediciones que se requieren, el conocimiento que se tiene sobre el tipo de tecnología que se va a implantar y a la vez determinar la cobertura que tendrían los nodos para el envío de información.

3.2.4. Método deductivo

Este método parte de un razonamiento que permite mediante la recopilación de información validar planteamientos como hipótesis y conclusiones lógicas que se hayan analizado para la elaboración e investigación del proyecto. Al aplicar este método se analiza detalladamente los resultados estadísticos obtenidos de las preguntas que se les realiza a los trabajadores de la camaronera.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Se toma como población a los trabajadores encargados de supervisar el área de las piscinas camaroneras debido a que son los que toman las muestras constantemente, los que están atentos ante cualquier fallo que se presente y al personal administrativo debido a que se encargan de almacenar y realizar análisis con la información otorgada por los trabajadores.

En la tabla 6 se muestra el tamaño de la población de la empresa camaronera:

Tabla 6. Población en la empresa.

Población	Tamaño de la población
Trabajadores	170
Personal administrativo	10
Total	180

Información tomada de la investigación directa realizada en la empresa camaronera Empagran. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.1.2. Muestra

La muestra es un extracto de la población donde se van a realizar las encuestas a cierto grupo de trabajadores y personal administrativo con el fin de reunir información suficiente para el desarrollo de la propuesta mediante el uso de la siguiente fórmula que está establecida para poblaciones finitas la misma que se encuentra en (Condori-Ojeda, 2020):

$$n = \frac{P*Q*N*Z^2}{E^2 (N-1) + Z^2 *P*Q}$$

Variables de la ecuación

n=Tamaño de la muestra

P=Probabilidad de éxito → 0.5

Q=Probabilidad de fracaso → 0.5

N=Tamaño de la población → 180

E=Error estimado → 0,05

Z= Nivel de confianza → 1,96 → 95.5%

Resolución

$$n = \frac{(0.5)(0.5)(180)(1.96)^2}{(0.05)^2(180-1) + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{(0.25)(180)(3.8416)}{(0.0025)(179) + (3.8416)(0.25)}$$

$$n = \frac{172.872}{0.4475 + 0.9604}$$

$$n = \frac{172.872}{1.4079}$$

$$n = 122.78$$

$$n = 123$$

El número de trabajadores a los que se deben de realizar las encuestas son 123

3.4. Desarrollo de encuesta

Encuestas dirigidas al personal de la empresa Empagran con el fin de recaudar información para el desarrollo y viabilidad del proyecto.

1. ¿Considera usted que los métodos manuales que se realizan para el control de la calidad del agua en las piscinas camaroneras son eficaces?

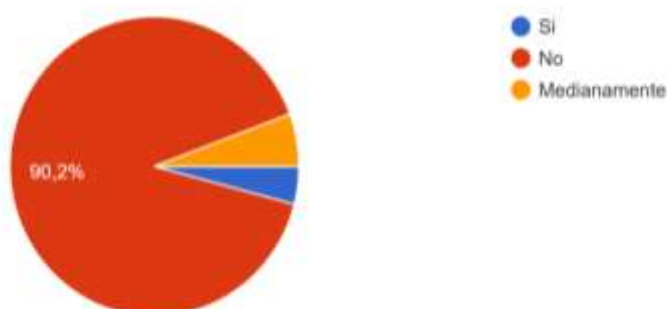


Figura 28.Efectividad de los métodos manuales. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Se puede observar que el 90.2% de los encuestados opinan que el uso manual que se realiza en las piscinas para tomar las mediciones no es eficaz, el otro 5,7% opina que medianamente y el 4,1% opinan que si es eficaz.

2. ¿Qué tipo de herramientas se emplean para el control de la calidad del agua en las piscinas camaroneras?

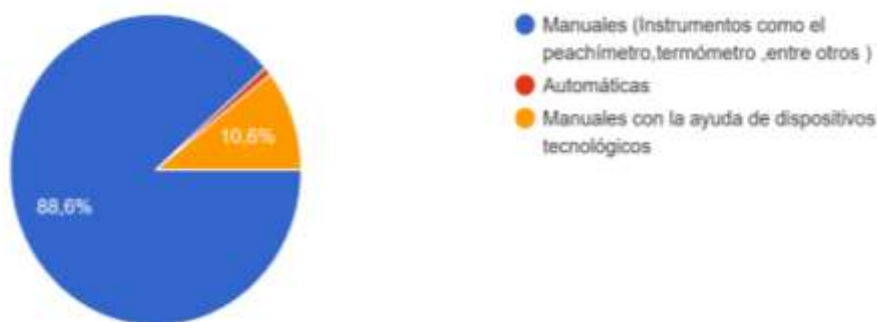


Figura 29.Tipo de herramientas para el control de la calidad del agua. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

El 88,6% de los encuestados respondieron que las mediciones se las realiza de forma manual anotándolas en una libreta para luego pasarlas a un formulario y enviarlas a la administración,

el otro 10,6% indican que si han llegado a usar dispositivos tecnológicos y el 0,8% automáticas como por ejemplo el uso de aireadores y el bombeo de la oxigenación.

3. ¿Cuántas personas se necesitan para realizar las mediciones en cada una de las piscinas de camarón?

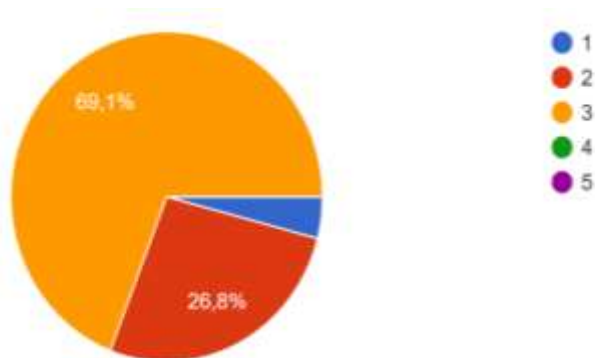


Figura 30. Personas que se necesita para el control de la calidad del agua. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

El 69,1% de los encuestados respondieron que se necesita 3 personas para realizar las mediciones usualmente porque depende de si el parametrista está capacitado para realizar otras mediciones, el otro 26,8% indican que se necesitan dos personas y el 4,1% indica que solo 1 dependiendo de la magnitud de la piscina hay unas que requieren más de un personal.

4. ¿Qué parámetros de los que se detallan a continuación considera los más críticos para determinar la calidad del agua? Elija varias opciones

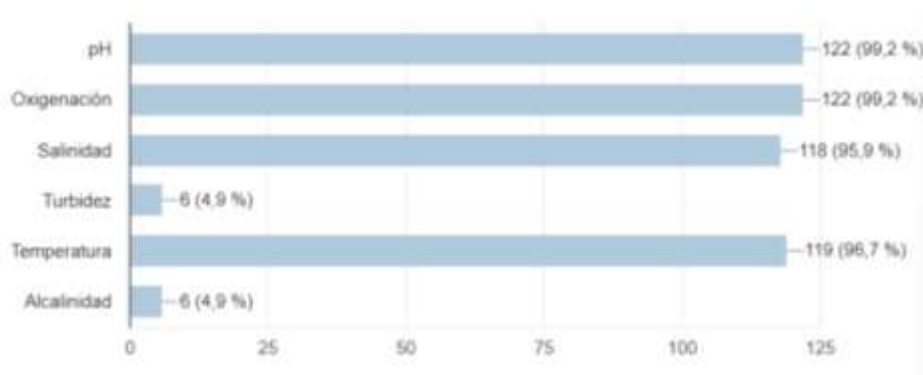


Figura 31. Parámetro crítico para determinar la calidad del agua. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Entre los parámetros más críticos el 99,2% indicaron que el oxígeno y pH lideran la lista de las variables más críticas dentro de una piscina de camarón seguido por la temperatura con un 96,9% y salinidad con un 95,9% y por último la turbidez y alcalinidad con un 4,9%.

5. ¿Con qué frecuencia es necesario realizar la toma de muestras en las piscinas camaroneras

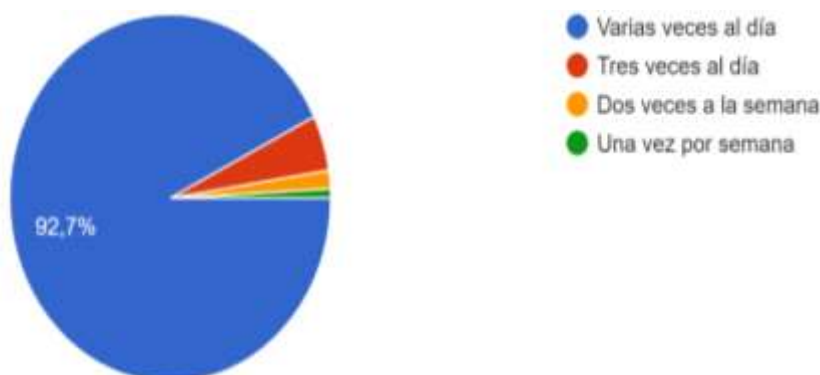


Figura 32. Frecuencia con que se toman las mediciones. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Según un 92,7% de los encuestados es necesario tomar muestras varias veces al día, el otro 4,9% indica que tres veces al día, el 1,6% dos veces a la semana y un 0,8% una vez por semana. Los encuestados supieron indicar que tomar las muestras en las piscinas varían en intensidad conforme este el ambiente climático que es uno de los factores más influyentes, así como también lo es la limpieza del lote donde se cría el camarón.

6. ¿Está de acuerdo o en desacuerdo que implementar notificaciones de alerta sobre el estado de la calidad del agua con respecto a la temperatura, pH y salinidad sería beneficioso para el sector acuícola?

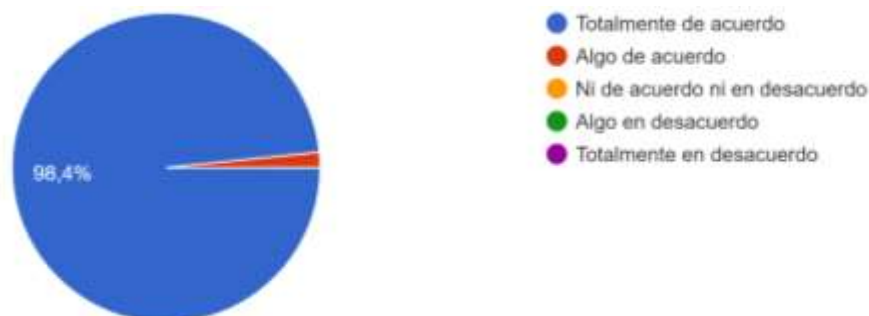


Figura 33. Escala en acuerdo o desacuerdo de implementar notificaciones de alerta. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Un 98,4% está totalmente de acuerdo que se implementen notificaciones de alertas para conocer como se encuentra la calidad del agua debido a que sería una gran ayuda para anticiparse algún problema y el otro 1,6% esta algo de acuerdo en que se use este tipo de alertas.

7. ¿Qué tiempo se demora en realizar la toma de muestras en las piscinas camaroneras?

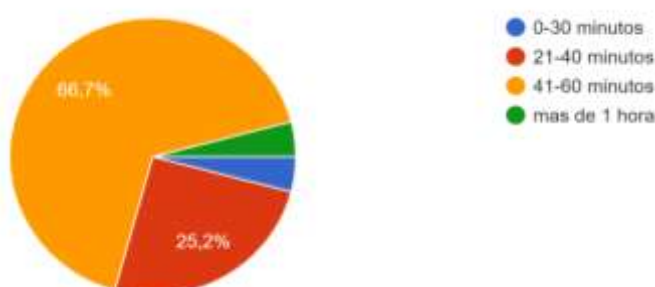


Figura 34. Demora en la toma de muestras. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

El 66,7% de los encuestados supo indicar que se toman un tiempo de 41-60 minutos, pero dependiendo de si es una piscina crítica, el otro 25,2% indico que de 21-40 minutos porque en ocasiones no llevan los instrumentos calibrados o se les olvida en campamento y no pueden tomar la muestra a tiempo, un 4,1% indico que de 0-30 minutos debido a que deben de seguir tomando mediciones a las piscinas restantes y un 4,1% indico que 1 hora, pero en casos extremos.

8. ¿Está de acuerdo o en desacuerdo que implementar una herramienta de automatización permitirá ayudar a obtener más rápido las mediciones y control de la calidad del agua?

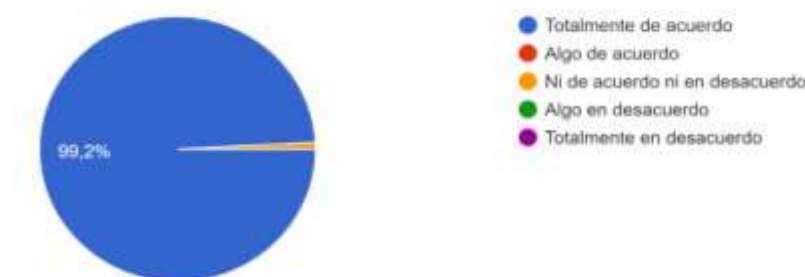


Figura 35. Escala en de acuerdo o desacuerdo sobre implementar una herramienta de automatización. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

El 99,2% de los encuestados están de acuerdo que se implementen métodos que permitan la automatización en las piscinas y eficaz, en cambio el 0,8% indicio que ni de acuerdo ni en desacuerdo. Los encuestados supieron indicar que sería bueno incorporar nuevas tecnologías en la acuicultura.

9. ¿Cuál es el parámetro crítico por el que se pueden presentar problemas en las piscinas de camarón?

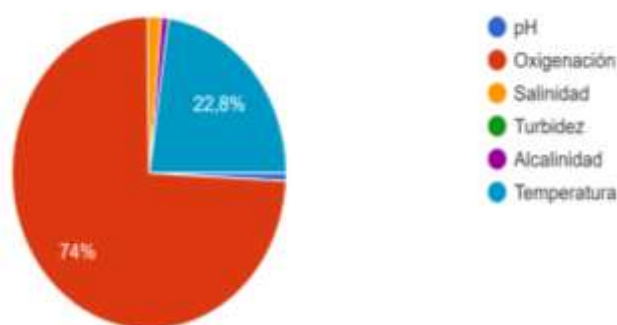


Figura 36. Parámetro más crítico. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

El 74% de los encuestados supo indicar que el oxígeno es el más crítico debido a que si la oxigenación baja o sube fuera del rango que se establece se pueden llegar a perder los cultivos de camarón, el otro 22,8% indica que la temperatura, un 1,6 salinidad debido a que si se usa una sonda muy profunda provocaría alteración en el agua y el 0,8 la alcalinidad ya que arrastra consigo al pH de la producción.

10. ¿Está de acuerdo o en desacuerdo con que los empleados tengan capacitación para el buen manejo de los sensores e interpretación de información que se genera con el uso de nuevos equipos?

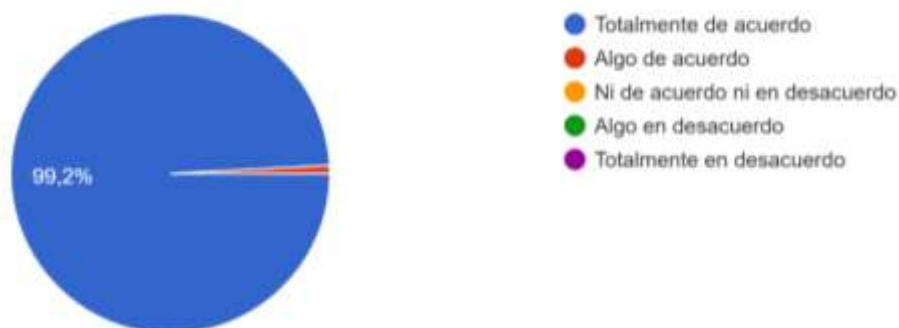


Figura 37. Escala en de acuerdo o desacuerdo de realizar capacitaciones sobre el manejo de los nodos sensores. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

El 99,2% de los encuestados están totalmente de acuerdo que los trabajadores tengan capacitación en caso de darse una implementación de sensores ya que sería muy óptimo conocer sobre su funcionamiento y mantenimiento que necesita el equipo mientras que el otro 0,8% está en algo de acuerdo siempre que presente un beneficio mutuo.

11. ¿Está de acuerdo o en desacuerdo que se pueda visualizar en tiempo real los valores de temperatura, pH y salinidad de las piscinas de camarón?

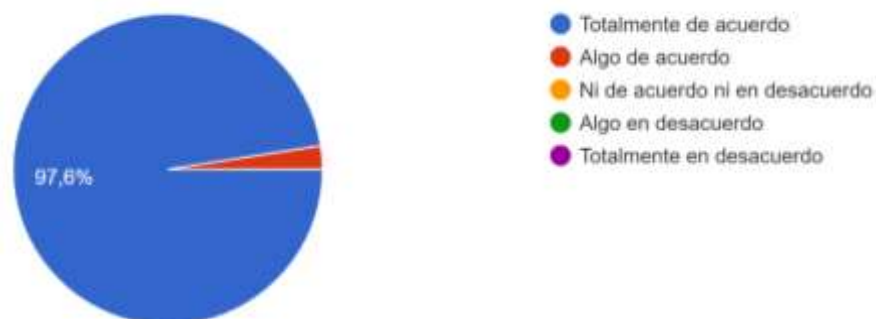


Figura 38. Escala de acuerdo o desacuerdo de visualizar en tiempo real los datos. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

De los encuestados el 97,6% está totalmente de acuerdo con que los datos se puedan visualizar en tiempo real ya que sería más factible y un 2,4% indicó que están algo de acuerdo dependiendo de los recursos que se ahorrarían al tener un equipo que ayude a controlar las variaciones en el agua de las piscinas.

3.4.1 Análisis de resultados

Con las encuestas realizadas al grupo de trabajadores de Empagran se puede determinar que la forma en la que realizan las mediciones no es la más óptima y eficaz debido a que se usan herramientas tradicionales, los encuestados supieron indicar que en ciertas ocasiones el no tener bien calibrado el sensor puede ocasionar que se tome una mala medición.

Se determinó los parámetros más críticos entre los que destacan el oxígeno seguido de temperatura, pH, salinidad, y turbidez, pero el que más destaca es el oxígeno ya que es un parámetro fundamental para el sector acuícola porque sin un buen suministro de oxígeno los organismos se vuelven vulnerables y ocasionaría la pérdida del mismo, a su vez se hace énfasis en como influyen las otras variables dentro de los cambios de oxígeno.

Es importante realizar las mediciones en los tiempos que están establecidos en los horarios de 4am, 3pm, 10pm, 1am adicional se deben realizar rondas de control algunas toman más tiempo que otras dependiendo el estado de la piscina.

Parte de los trabajadores en un gran porcentaje están totalmente de acuerdo con que se cuente con un medio para ver los datos en tiempo real y a su vez implementar una red, pero se necesita capacitar al personal debido a que no cuentan con los conocimientos que se requieren por si algún nodo se daña, calibración de algún sensor y limpieza de los mismos.

Algunos de los encuestados supieron indicar que sería una ventaja contar con alertas cuando alguna de las variables comience a cambiar drásticamente ya que de esa forma se podrían movilizar a la piscina para el respectivo mantenimiento y control.

3.5. Diseño

En esta parte se delimita la cobertura de la zona donde se va a desarrollar el proyecto para medir distancias desde la estación base donde se va a colocar el nodo coordinador hasta los demás puntos donde van a estar ubicados los nodos sensores, teniendo en cuenta aspectos como los factores climáticos, la ubicación de la antena y las respectivas coordenadas para el análisis. Para realizar las pruebas se utiliza un software Radio Mobile y Google Earth.

3.5.1 Ubicación de la zona

La empresa donde se va a realizar el proyecto se llama Empagran Consumisa y se encuentra ubicada en Km. 20 vía a la costa como se muestra en la figura 39

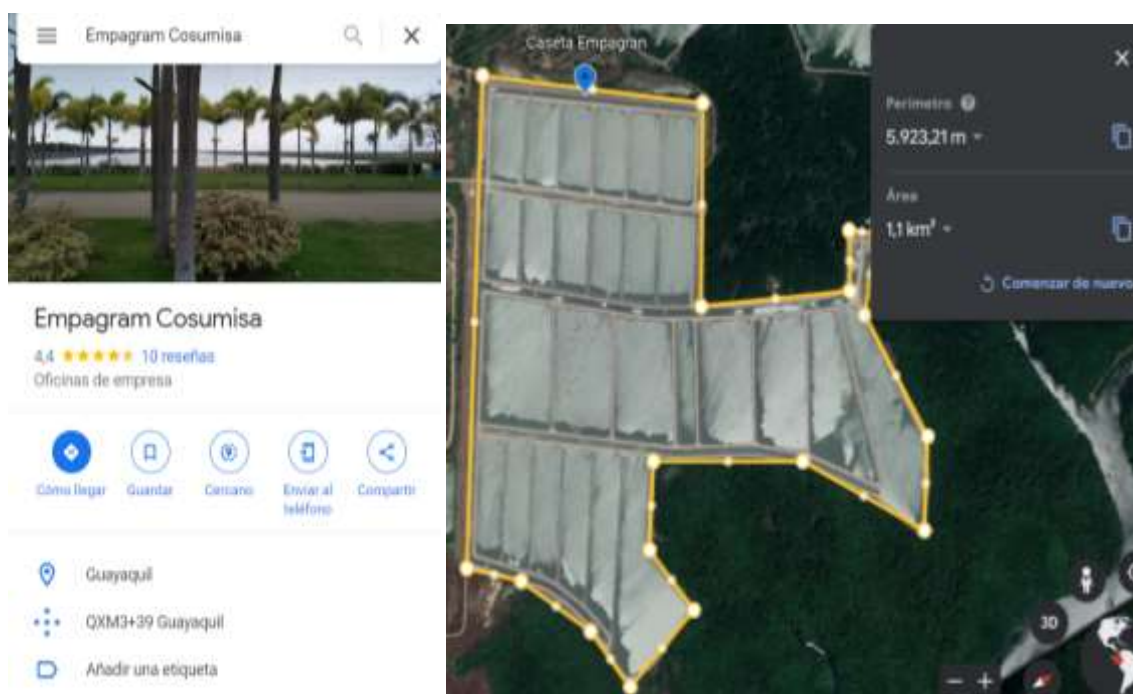


Figura 39. Ubicación del lugar de estudio. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.5.2 Requerimientos

3.5.2.1. *Requerimiento del usuario*

Tabla 7.Requerimientos del usuario para las piscinas de camarón

Requerimiento	
Número de piscinas	25 piscinas
Cantidad de nodos	1 nodo coordinador 25 nodos sensores 21 nodos repetidores
Frecuencia empleada	2,4Ghz
Variables a medir	pH (0-14) Temperatura °C Salinidad (ppm)
Tipo de cajas	Caja plástica para proyectos de electrónica con certificación IP54 e IP65
Interfaz de usuario	Plataforma IoT

Información tomada de la investigación directa realizada en la empresa camaronera Empagran. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.5.2.2. *Requerimiento del prototipo*

Tabla 8. Tipos de requisitos para crear el prototipo

Requerimiento	
Modulo Inalámbrico	Dispositivos Xbee Protocolo IEEE 802.15.4
Recepción	Se emplea la comunicación serial con el microcontrolador para la recopilación datos
Trasmisión	Envía las tramas para ser almacenadas Topología malla
Procesamiento/Alimentación	1KB Arduino /Power Bank -1GB Raspberry

Información tomada de la investigación directa realizada en la empresa camaronera Empagran. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.5.2.3. *Requerimiento del sistema*

Tabla 9.Tipos de sistema para programación y configuración del sistema

Requerimiento	
Arduino IDE	Se lo utiliza para programar los sensores y el entorno de los módulos Xbee
XCTU	Es un software utilizado para configurar los módulos Xbee en modo API o modo AT y entablar la comunicación entre los dos dispositivos.
Python	Es un lenguaje programación utilizado por raspberry para el envío de datos a la nube

Información tomada de la investigación directa realizada en la empresa camaronera Empagran. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.5.3 Delimitación de la zona de cobertura

Para poder establecer una conexión adecuada entre los nodos se necesita conocer el área donde se va a desarrollar el proyecto, la misma que se midió en metros como se muestra en la figura 40 para poder establecer los límites acordes a la investigación realizada y así poder definir las rutas para el envío de datos desde la estación base hasta los nodos sensores distribuidos estratégicamente en cada una de las 25 piscinas con las que se está trabajando.



Nodo Coordinador

Nodo sensor (NS)

Nodo Router o repetidor (NR)

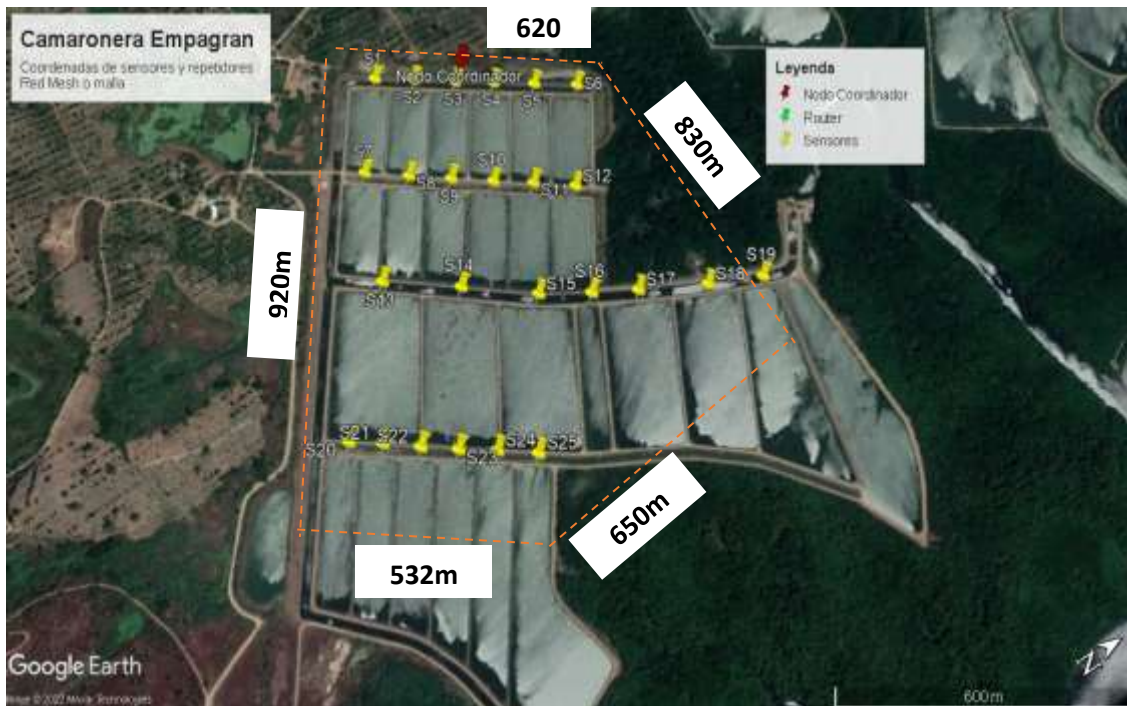


Figura 40. Coordenada de las piscinas de camarón. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.5.3.1. Análisis cobertura

En esta parte se muestran las simulaciones realizadas en puntos estratégicos de la piscina a una frecuencia de 2400 Mhz a 2500 Mhz desde el nodo coordinador hasta el nodo sensor para obtener parámetros importantes en cuanto a conexión. Para esto se usa el software Radio Mobile que permite visualizar el valor de pérdida, la zona de Fresnel, la potencia, las ganancias de la antena y la sensibilidad con la que opera el equipo.

Para realizar la simulación se escogió puntos estratégicos en la piscina de largo, medio y corto alcance como se puede apreciar en la tabla para analizar si se establece una conexión. Para esto se utilizó la potencia de transmisión del dispositivo que tiene 0,063 W y una sensibilidad de -100 dBm, también se escogió la altura de 20m para la antena coordinadora.

Tabla 10. Coordenadas para la simulación en Radio Mobile

Puntos Sensores	Coordenadas		Distancia
	Latitud	Longitud	
Sensor 1	2°17'5.57"S	80° 1'27.42"O	255m
Sensor 6	2°17'9.49"S	80° 1'20.62"O	370m
Sensor 15	2°17'2.22"S	80° 1'4.49"O	640m
Sensor 19	2°16'48.51"S	80° 0'57.44"O	903m
Sensor 20	2°17'20.32"S	80° 1'3.71"O	985m
Sensor 25	2°17'9.10"S	80° 0'55.94"O	940m

Información tomada de la investigación directa realizada en la empresa camaronera Empagran. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

En las figuras que muestran a continuación se encuentran seis ilustraciones de las simulaciones realizadas en un enlace punto a multipunto para analizar la transmisión y recepción de señal en la cual se puede notar que sí se entabla la transmisión debido a que refleja un nivel de S9+40,S9+30yS9+20 lo que indica que, si se tiene buena recepción de señal pero con pérdidas de paquetes que se deben de mejorar, debido a que si el nivel va de S6 a S4 no se tendría una señal adecuada y si llega a S0 se determina que no es posible realizar una conexión de la forma en la que se lo está planteando.

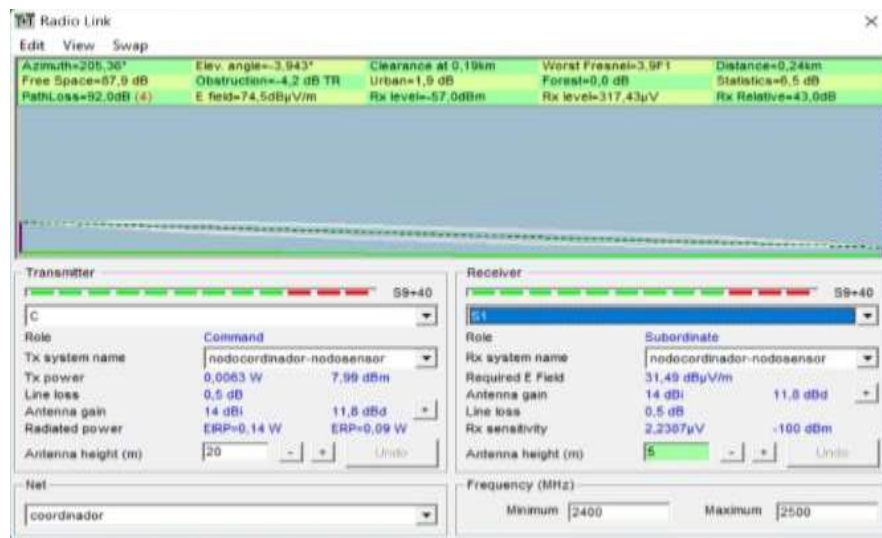


Figura 41. Simulación en Radio Mobile. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola



Figura 42. Simulación en radio Mobile. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

En la figura 43 se puede apreciar las conexiones realizadas en Radio Mobile que han sido exportadas mediante el uso de Google Earth donde se puede notar que la línea de vista está totalmente despejada debido a que es un medio accesible donde no existen obstáculos para la transmisión solo en la conexión con la piscina19 debido a que es una zona boscosa pueden ocurrir interferencias.



Figura 43. Conexiones de Radio Mobile exportadas en Google Earth. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola



Figura 44. Estación base del nodo coordinador 20m de altura. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.5.4. Diseño de la red de sensores

Con una red punto a multipunto se analizó que el envío de datos se puede establecer pero puede presentar cierta pérdida de datos por algunas distancias que están lejos de la línea de vista, lo que se propone es implementar una red de malla la misma que va a facilitar el envío de datos a través de repetidores sin que la señal se pierda es decir si existe algún problema en el que un nodo se llegue a dañar este pueda encontrar otra ruta para hacer llegar la información es decir se encargará de reenviar los datos a otro dispositivo.

Las piscinas de camarón no manejan un mismo tamaño tanto de largo como de ancho, unas son más anchas y otras más angostas por ese motivo las mediciones para la distribución de los nodos se realizan como se demuestra en la tabla 11.

Tabla 11. Distribución de nodos en la piscina de camarón

Bloques de piscina camaronera (Forma Horizontal)	Número de piscinas de cada bloque	Número de nodos sensores por bloque	Número de repetidores por bloque	Distancia al nodo coordinador
1	6	6	5	50m-294m
2	6	6	5	296m-409m
3	7	7	11	580m-904m
4	6	6	0	921m- 956m

Información tomada de la investigación directa realizada en la empresa camaronera Empagran. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

En la figura 45 se puede apreciar la distribución de los nodos detallada en la tabla 11 que va a permitir buscar la ruta más óptima para el envío de datos a través de los Xbee configurados como router ubicados en las piscinas en forma de escalera



Figura 45. Distribución de los nodos sensores, router en las piscinas de camarón. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.5.4.1. Diseño de la solución

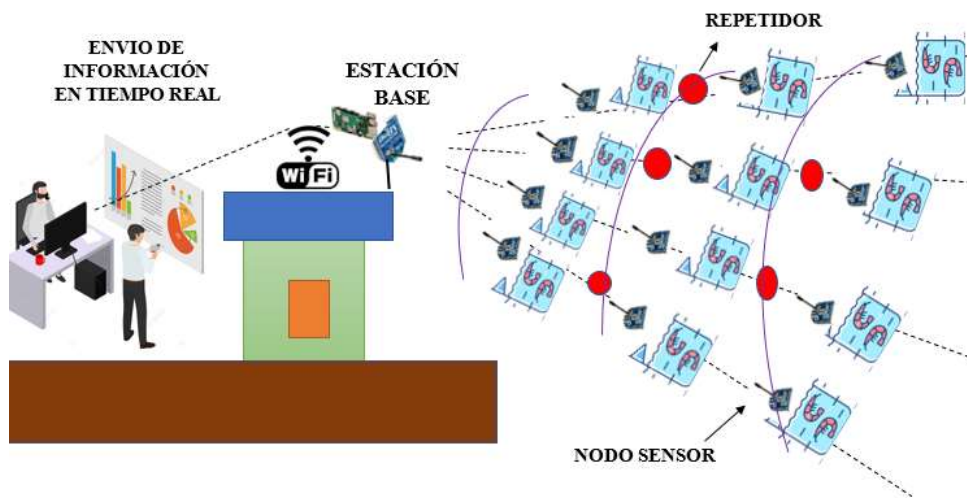


Figura 46. Diseño del funcionamiento que tendrá la red de sensores inalámbricos en la camaronera Empagran. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.5.5. Requerimiento del usuario

Se necesita que los nodos sensores se ubiquen específicamente en la compuerta donde sale el agua de la piscina camaronera debido a que en ese lugar es donde se da una lectura correcta del estado de la calidad del agua. También es importante que la limpieza de los sensores sea fácil para que los trabajadores lo puedan manipular sin dañar algún componente y que la visualización de los datos en la plataforma sea entendible para que el usuario lo pueda manejar, configure las emisiones de alerta, descargue los datos obtenidos en formato CSV para tener un respaldo de la información.

3.5.6. Requerimiento del prototipo

Para la elaboración del prototipo se necesita usar una tecnología que sea capaz de transmitir los datos a distancias considerables, que sean de bajo costo y que la duración de sus baterías sean las más óptimas, por eso el consumo energético es de gran importancia debido a la duración que van a tener las baterías, para el funcionamiento de los sensores. Sin embargo, es necesario que el diseño del prototipo este en una caja plástica que permita cubrir y asegurar los dispositivos para que el nodo sensor no se dañe por algún contacto con el agua y a su vez que no estén expuestos a los distintos agentes ambientales como la lluvia entre otros.

3.5.7. Requerimiento del sistema

Se necesita varios softwares y lenguajes de programación que permitan programar los módulos, los componentes electrónicos para entablar la comunicación inalámbrica y que los datos se transmitan sin complicaciones midiendo el alcance, la potencia de señal, si hay pérdida de datos o demora de transmisión, así mismo con la programación o codificación de los sensores. También hay que tomar en cuenta que dispositivos son compatibles con la plataforma IoT para subir los datos a la nube y que el manejo de la plataforma sea sencillo para los usuarios que la van a utilizar.

3.6. Diagrama de bloque de la propuesta

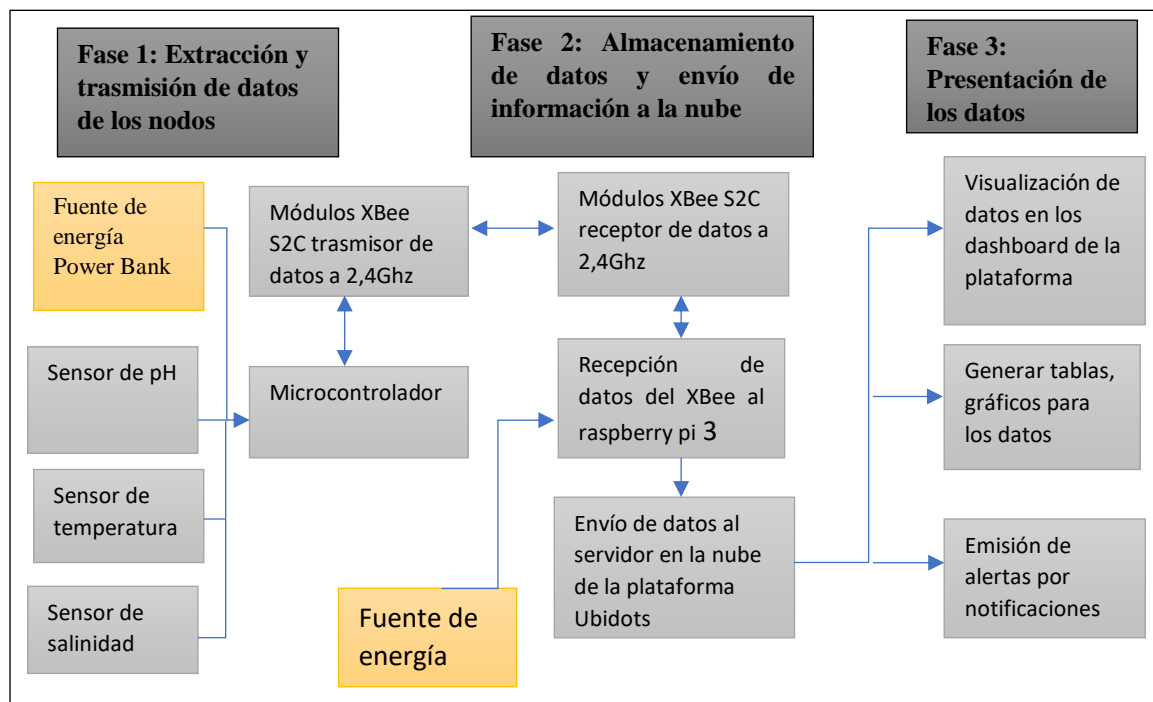


Figura 47. Diagrama de bloque de la red de sensores. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

En la figura 47 se detalla el procedimiento que se debe seguir para establecer la red inalámbrica de sensores, es decir la comunicación inalámbrica entre los módulos XBee S2C transmisor y receptor que se divide en tres fases el mismo permitirá llegar a conocer la calidad del agua en las piscinas camaroneras y recibir alertas cuando el valor a medir no sea el adecuado.

3.7. Análisis de selección de dispositivos

3.7.1. Comparativas de microcontroladores

Para realizar el proyecto se busca las opciones de microcontroladores que existen en el mercado para valorar cual se puede adaptar a los módulos que se van a usar, teniendo en cuenta sus características, que sean económicos entre otros como se pueden apreciar en la tabla 12.

Tabla 12. Tipos de Arduino

Tipo de Arduino	Procesador	EEPROM/SRAM	Entrada/Salida Analógicas/Digital	Fuente de alimentación
Arduino Uno	ATmega328p	1KB/2KB	6/0 - 14/6	7 -12v
Arduino Mega	ATmega2560	4KB/8KB	16/0 - 54/15	7 -12v
Arduino Leonardo	ATmega32u4	1KB/2.5KB	12/0 - 20/7	7-12v
Arduino Zero	Atmel Atmega	16KB/32KB	6/0 – 14/12	7 -12v

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.7.1.1. Dispositivo seleccionado



Figura 48.Arduino uno. Información tomada de arduino.cl en el año 2022. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Para el proyecto se escogió el Arduino UNO como se muestra en la figura 48 teniendo en cuenta la cantidad de pines tanto analógicos como digitales que van a ser ocupados por los tres sensores uno digital y dos analógicos, a su vez se toma en cuenta la capacidad de memoria debido a que el código que se va almacenar no es tan pesado ni ocupa mucha memoria 1Kbyte que tiene 1024 bytes es suficiente para el código tanto del transmisor como del receptor. Sin embargo, es fundamental escoger un Arduino original para no tener problemas en su programación y a su vez este microcontrolador es compatible con el dispositivo que se va a usar que es el Shield pro Xbee donde se monta el módulo Xbee S2C para permitir la comunicación inalámbrica.

3.7.2. Comparativa Xbee

Los módulos Xbee vienen de la marca Digi que usan tecnología Zigbee basado en el estándar IEEE 802.15.4, estos dispositivos son compatibles con microcontroladores como el arduino lo que hace factible la elaboración de prototipos para entablar una comunicación. Estos módulos son configurados en el software XCTU con la ayuda de un Xbee explorer USB y un shield pro Xbee para usarlo con el microcontrolador que se escoja. Es importante analizar funcionalidades, distancias y determinar el adecuado para emplearse como se detalla en la tabla 13.

Tabla 13. Tipos de Xbee

Tipo de Xbee	Velocidad	Frecuencia de banda	Rango en el exterior	Rango en el interior	Sensibilidad de recepción
Xbee S2C	250kbps	2.4Ghz	1.2km	60m	-100dBm
Xbee ZB Pro S2C TH	250kbps	2.4Ghz	3.2km	90m	-101dBm
Xbee 3	250kbps	2.4Ghz	1.2km	60m	-103dBm
Xbee Pro S3B	10kbps	900Mhz	45km	610m	-109dBm

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.7.2.1. Dispositivo seleccionado



*Figura 49. Módulo Xbee S2C. uelectronics.com
Información tomada de en el año 2022. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola*

Se escogió el módulo Xbee S2C como se aprecia en la figura 49 debido a la velocidad para transmitir los datos que estarán ubicados en una zona despejada, con una frecuencia de 2,4Ghz

que si funciona con una buena línea de vista libre de interferencias por ende la señal será de un mayor alcance porque su rango exterior de 1.2km que si lograría abarcar el área de la piscina camaronera , estos módulos tienen compatibilidad con microcontroladores teniendo en cuenta que los módulos más avanzados o con más capacidad de alcance son los Pro, pero en el país no se cuenta con la variedad de módulos Xbee debido a que sus costos son elevados por eso se escogió la opción del módulo S2C para desarrollar el prototipo y el diseño de red.

3.7.3. Comparativa Raspberry pi

Un raspberry es un microordenador portable y es muy usado para proyectos como realización de prototipos, para almacenar base de datos, automatizar entre otros, es decir por medio de este dispositivo se puede integrar la tecnología a nuevas dimensiones. El raspberry utiliza un sistema operativo raspbian que se maneja en Linux el mismo que se debe de configurar y se podrá tener acceso a internet, lenguajes de programación como Python para sus programaciones por ese motivo es esencial conocer las características de cada uno de estos equipos por los puertos disponibles que tiene.

Raspberry pi funciona con diferentes sistemas operativos GNU/Linux, Raspbian, Ubuntu, Unix, Fedora entre otras con el fin de ofrecer varias opciones al usuario para su instalación, donde para su programación es necesario conectar el raspberry a un monitor junto a un teclado y mouse para poder navegar. Se considera software de código abierto por permitir incorporar otros sistemas operativos.

El microordenador viene con puertos para HDMI, Ethernet, puertos USB dependiendo del modelo que se escoja, memoria RAM y tarjeta SD. A continuación, en la tabla 14 se detalla los tipos de Raspberry que existen.

Tabla 14.Comparativa entre Raspberry Pi

Modelo	RAM	CPU	Conectividad	Puerto E/S
Raspberry Pi 4B	2/4/8GB	1.5Ghz/4core	802.11ac/bluetooth 5.0	2 USB 3.0 2 USB 2.0 1Gigabit Ethernet, 2micro HDMI
Raspberry Pi 3B	1GB	1.4 Ghz /4core	802.11ac/bluetooth 4.2/Ethernet	4 USB 2.0, HDMI
Raspberry Pi Zero w	512MB	1Ghz /1core	802.11ac/bluetooth 4.1	1micro USB 1 HDMI
Raspberry Pi Zero	512 MB	1Ghz / 1core		1micro USB 1 HDMI

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.7.3.1. Dispositivo seleccionado



Figura 50. Raspberry pi 3. Información tomada de raspberrypi.com en el año 2022. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

El raspberry seleccionado es el raspberry pi 3 como se muestra en la figura 50 debido a la cantidad de datos que se van a transmitir y así mismo su programación no consume mucha RAM con 1GB se puede trabajar sin problemas y con una tarjeta micro SD de 32GB, adicional los puertos USB son suficientes ya que para configurarlo solo necesita dos dispositivos como teclado y mouse, en cuestiones de procesamiento maneja una buena core y es capaz de ejecutar los trabajos a una velocidad adecuada.

3.7.4. Shield Pro Xbee para arduino

Esta tarjeta permite la conexión del Xbee con el arduino de forma serial debido a que es compatible con el microcontrolador, el mismo que se puede cargar conectando un Power Bank al arduino, automáticamente se distribuye la energía por todo el dispositivo. Se lo escogió por la cantidad de pines analógicos y digitales que tiene. A su vez la placa viene con dos modos USB y Xbee el primero se usa cuando se quiere cargar código sin necesidad de desmontarlo y el Xbee se usa es para comenzar a transmitir los datos como se aprecia en la figura 51.



Figura 51. Shield Pro Xbee. Información tomada de xbee.cl en el año 2022. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.7.5. Xbee Explorer USB

Es un USB serial como se muestra en la figura 52 usado para realizar configuraciones de los Xbee en el software XCTU para configurar los parámetros de cada módulo, una vez que se lo haya conectado por medio del USB al ordenador. Consta de un botón con la opción de reiniciar el dispositivo a través de eso se puede medir la intensidad de la señal, es decir el recibo de datos



Figura 52.Xbee Explorer USB. Información tomada de xbee.cl en el año 2022. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola.

3.7.6. Power Bank

Para energizar los dispositivos donde hay una red energética como tomacorrientes se utiliza una batería portátil como se aprecia en la figura 53 que es recargable con una capacidad de 5000 mAh esto va a permitir mantener energizado los dispositivos con una durabilidad de más de 24 horas dependiendo si los dispositivos se encuentran en modo sleep sin gastar energía. Esto garantiza que los dispositivos permanezcan recargados para que el sistema pueda funcionar, en la tabla 15 se establecen las características del equipo



Figura 53.Power Bank. Información tomada de xataka.com en el año 2022. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Tabla 15.Características del Power Bank

Características técnicas del Power bank	
Modelo	OD4010
USB Output	5v - 2A
USB Input	5V -2A
Tamaño del dispositivo	12cm x 6.8 cm
Voltaje /Almacenamiento de batería	3.7v/5000mAh
Tiempo de carga	Tiene una durabilidad de 24 h

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.7.7. Sensor de pH

Para mediciones en la piscina se escogió el sensor E-201-C debido a que es empleado en sectores como acuarios, laboratorios, jardines y el equipo puede soportar temperaturas altas sin dañarse con el fin de obtener el valor adecuado, en la siguiente tabla 16 se detalla las características de del dispositivo seleccionado.

Tabla 16.Características del sensor de pH

ESPECIFICACIONES

Nombre del sensor	E-201-c
Rango de temperatura	0 – 80 °c
Rango de pH	0 – 14
Voltaje de entrada	5 [v]
Tiempo de estabilidad	≤ 60 s
Tiempo de respuesta	≤ 5 s / salida analógica


Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.7.8. Sensor de temperatura

Se escogió el sensor DS18B20 debido a que es una sonda impermeable apto para mediciones tanto ambientales como acuáticas, utilizado para proyecto IoT, el mismo que tiene una interfaz digital lo que le da la versatilidad para la conexión con el Arduino, adicional a esto sus rangos de temperatura que se adaptan a los que manejan de la piscina de camarón.

En la siguiente tabla 17 se encuentran las especificaciones del sensor.

Tabla 17.Característica del sensor de temperatura


		ESPECIFICACIONES
Nombre del sensor	DS18B20	
Rango de temperatura	-55 °C to +85 °C	
Incertidumbre o precisión	± 0.5 °C	
Voltaje de operación	3.0 [V] – 5.5 [V]	
Disponibilidad	<i>Sensor impermeable</i>	

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.7.9. Sensor de Salinidad

Se escogió el sensor analógico TDS para la obtención de los valores de salinidad en la piscina de camarón, este sensor se caracteriza por usarse en estanque y en medios acuáticos, el mismo que cuenta con salida analógica y sus medidas son reflejadas en parpitos por millón (ppm) y en la tabla 18 se detalla más a fondo sus especificaciones

Tabla 18.Características del sensor de salinidad TDS

		ESPECIFICACIONES
Nombre del sensor	Analógico TDS	
Voltaje de operación	3.3 [v] – 5.5 [v]	
Rango de salinidad	0 – 1000 ppm	
Salida de la señal	0 – 2.3 [v]	
Voltaje de entrada	5 [v]	
Precisión de medición de tds	± 10% fs.	
Salida	Analógica	
Cantidad de sondas	2	

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

3.8. Selección de Plataforma IoT

La plataforma IoT que se seleccionó para el desarrollo del proyecto es Ubidots, que cuenta con almacenamiento en la nube, donde se alojarán los datos de los sensores para ser visualizados por el computador o celular, esta plataforma es compatible con diferentes dispositivos entre los que se encuentran el arduino y el raspberry que son los materiales que se están utilizando en el desarrollo del proyecto y sirven como medio para el enviar información a la nube. Ubidots permite asignarle un nombre a cada dispositivo nuevo para poderlo distinguir y a su vez cuenta con un token para distinguirlos y darle más seguridad

La plataforma permite la configuración de tableros y dashboard acorde a los requerimientos del usuario, el mismo que tiene la opción de poder programar el tiempo de alertas, descargar datos almacenados, realizar rangos estadísticos entre parámetros y más. Para la implementación en la

camaronera se necesitan un aproximado de 47 nodos y la plataforma me permite abarcar un total de 1000 nodos.

En la tabla 19 se mostrarán las características de la plataforma seleccionada

Tabla 19.Características de la plataforma Ubidots

PLATAFORMA IoT UBIDOTS	
Nodos	1-1000 nodos
Protocolos	HTTP, TCP, UDP, MQTT
Opciones de la nube	Eventos: Establecer un rango para emitir alertas Value: Valor del sensor a tratar Variable: Datos que pueden cambiar Data Source: Puede utilizar dos o más variables para analizarse
Opciones de plataforma	Dashboard Tablas/ Indicadores /widgets Generación de reportes
Características	Análisis en tiempo real Notificaciones de alertas a correo /SMS Gestionar datos Basado en subir datos a la nube
Autenticación	API O Tokens
Lenguajes de programación	Python O lenguaje que se acople a los dispositivos que permite Ubidots.

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca



Figura 54. Plataforma Ubidots. Información tomada de ubidots.com. Elaborado por el autor

3.9. Esquemas del sistema

Los sensores que se utilizan son los encargados de tomar las mediciones de las piscinas y enviar los datos mediante un enlace de comunicación donde se valida si se puede establecer la conexión inalámbrica entre los módulos transmisor y receptor para el envío de datos, a su vez el nodo coordinador que está conectado al raspberry pi 3 enviará los datos a la nube de la plataforma Ubidots pero antes de enviar la información se validará si el microordenador está conectado a una red inalámbrica de ese modo se podrá visualizar los datos que se transmiten en tiempo real como se aprecia en la figura 55

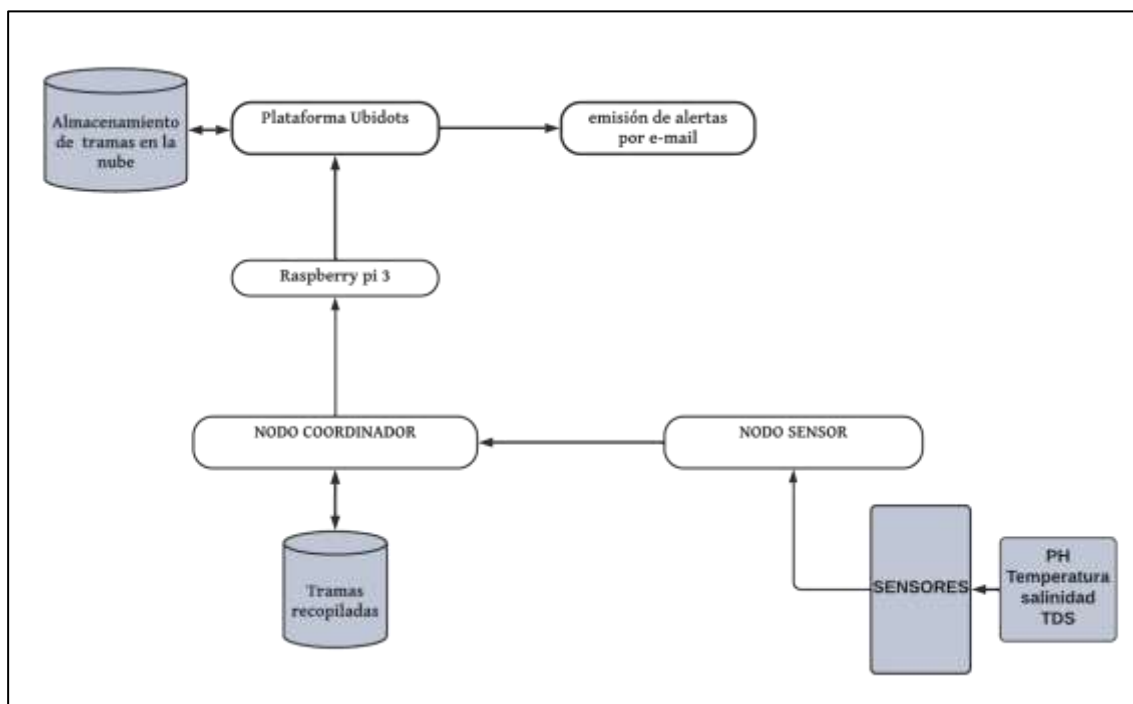


Figura 55. Esquema del funcionamiento del sistema elaborado en lucidchart. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola.

3.10. Diagrama de flujo del sistema

En el diagrama de flujo de la figura 54 se puede apreciar el funcionamiento que se le da a la red inalámbrica de sensores que se va a formar el mismo que comienza con la energización de los microcontroladores por medio del uso de dos Power Bank con una capacidad de 5000mAh, verificando si se puede establecer la conexión a internet para el funcionamiento del raspberry.

También se tiene el funcionamiento de los sensores que se encargan de la toma de mediciones y envían esos datos al nodo sensor o transmisor, estos nodos sensores son ubicados en lugares estratégicos para que se establezca un buen enlace de red entre los módulos inalámbricos receptor y transmisor. Sin embargo, se debe cumplir la condición de enlace ya que si no hay enlace entre módulos existirá una falla de comunicación y los datos no se van a transmitir.

Una vez que se haya establecido el enlace el nodo coordinador enviará los datos al microordenador y este dispositivo se encargará de establecer la comunicación con la plataforma IoT Ubidots la misma que se maneja por medio de un servidor en la nube y los datos almacenados se presentan como dashboard, tablas, estadísticas con las opciones de generar reportes y emitir alertas estableciendo así la red WSN para la medición de la calidad del agua en las piscinas de camarón.

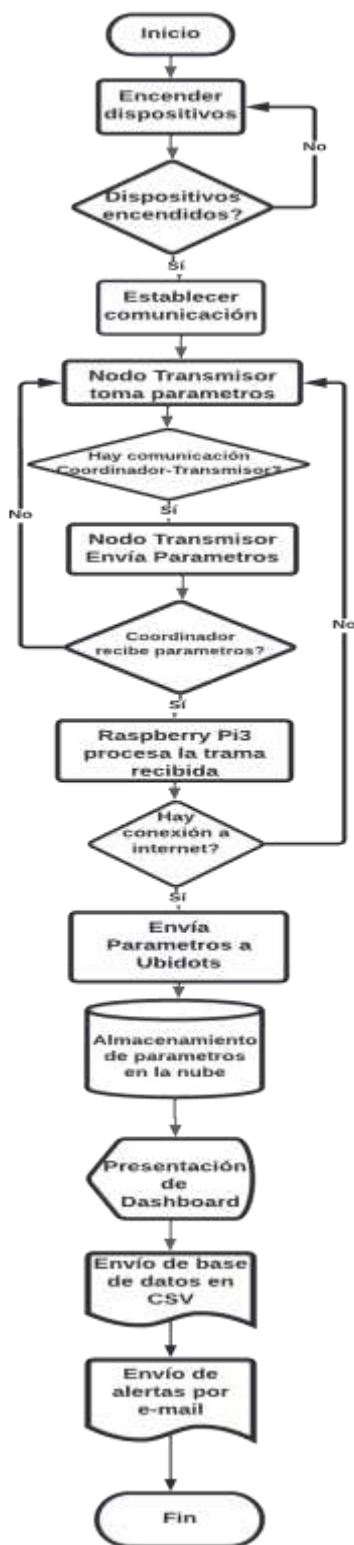


Figura 56. Diagrama de flujo del sistema elaborado en lucidchart. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.11. Elaboración del nodo sensor

El nodo sensor es el que se encarga de transmitir los datos al nodo coordinador donde se determinará si la información llega acorde a la programación que se le dio y a su vez permite modificar o detectar algún fallo durante su configuración comenzando en la aplicación XCTU y posterior la programación de los sensores en arduino IDE.

3.11.1. Conexión del nodo sensor(trasmisor)

Para la creación del nodo sensor son necesarios los siguientes materiales:

- Arduino UNO
- 1 módulo XBee S2C
- 1Shield pro Xbee v03
- Xbee explorer USB
- 1 sensor de Ph E-201-C
- 1 sensor de temperatura DS18B20
- 1Sensor de salinidad analógico TDS
- 1 Protoboard
- 1 Power Bank de 5000mAh
- Jumper

Lo primero que se debe de hacer es colocar el módulo Xbee encima del shield pro Xbee y a su vez montarlo en el arduino uno, se debe de tener en cuenta que el shield viene con dos modos USB y Xbee, se debe colocarlo en modo USB para poder subir el código al microcontrolador.

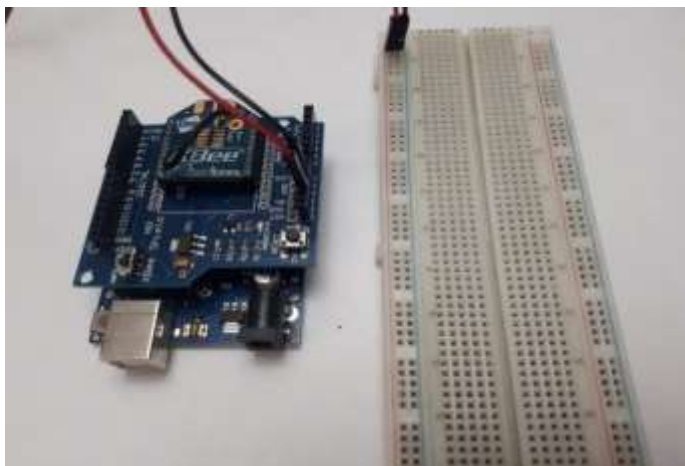


Figura 57. Montaje del microcontrolador con el shield pro y el módulo XbeeS2C. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Una vez que se tenga la estructura montada del arduino, shield y Xbee como se aprecia en la figura 58 se procede a realizar la conexión de los sensores comenzando por el sensor de temperatura el cual va conectado en el pin digital 8 del shield y el los pines vcc (+) y gnd (-) van conectados a la protoboard como se aprecia en la figura 56

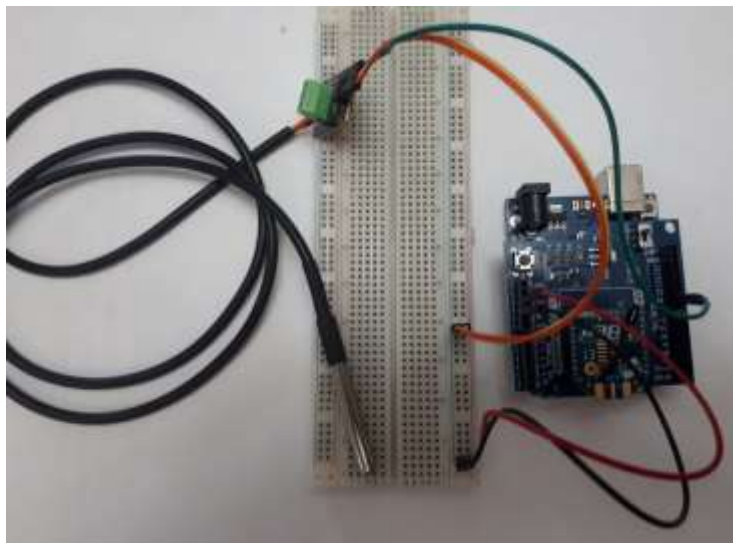


Figura 58. Conexión del sensor de temperatura. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

El sensor de salinidad va conectado en el pin analógico 4 y el vcc y gnd de la placa del TDS se le conectan 2 jumper macho a cada uno para extenderlos y conectarlos en la protoboard como se aprecia en la siguiente figura 59

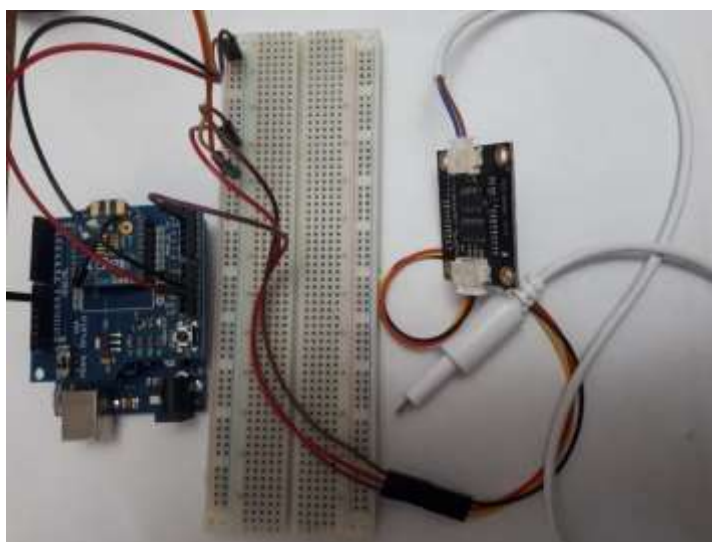


Figura 59. Conexión del sensor de salinidad TDS. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

En el sensor de pH el pin P0 del módulo sensor se conecta en el pin analógico 0 del arduino, el pin v + es la entrada de 5 v y G es el pin a tierra estos van conectados en la protoboard, una vez conectado se procede hacer la calibración del sensor la misma que consiste en subir el código del sensor en el arduino IDE para posterior a eso con un cable de cobre enrollarlo en el conector con un destornillador pequeño ir moviendo el tornillo que se encuentra en la figura 60 usando una muestra de pH que se conozca y verificando en la pantalla las medidas que se van tomando hasta llegar al valor correcto.

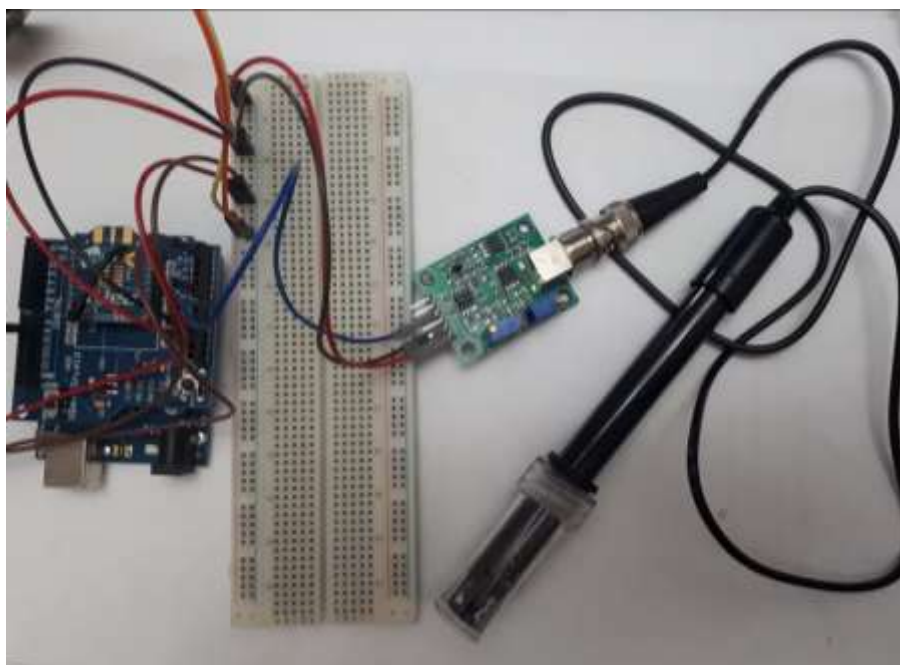


Figura 60. Conexión del sensor de pH E-201-C. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.11.2 Programación del nodo sensor

Para comenzar a programar los dispositivos se debe establecer la función que cada uno va a cumplir, conocer cuáles son las variables que se van a usar, las librerías que se deben exportar dentro del entorno del arduino IDE que va a permitir la lectura correcta de los sensores, solo se debe tener en cuenta que al cargar el código en la placa el shield este modo USB y proceder a subir el código y en caso de no presentar errores ya estaría listo para ser utilizado como se puede ver en la figura 61.



Figura 61. Programación del nodo sensor en Arduino IDE. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

En la figura 62 que vemos a continuación se aprecia el código compilado, mostrando los datos de las lecturas que están haciendo los sensores y el tiempo en el que se está tomando la muestra. Toda esta información se la envía al nodo receptor para que recopile los datos

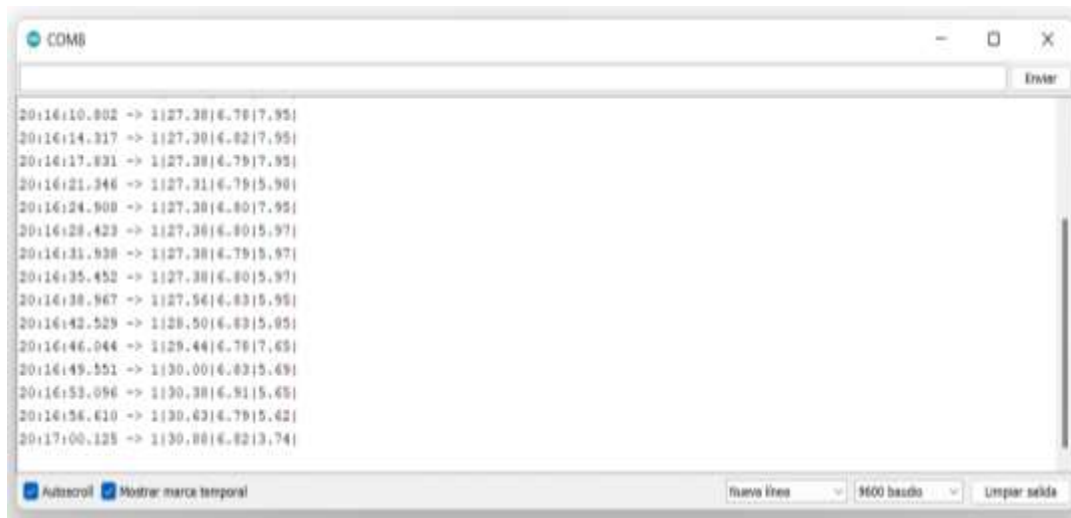


Figura 62. Código compilado del nodo sensor. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.12. Elaboración del nodo coordinador

El nodo coordinador es el que se encarga de recibir los datos del nodo sensor o transmisor, para que así a través de la conexión inalámbrica que tiene el raspberry se envíen los datos a la plataforma, para su elaboración primero se debe configurar el Xbee, establecer la conexión por medio de los elementos y proceder a la programación del mismo en el Arduino IDE.

3.12.1. Conexión del nodo coordinador

Para la creación del nodo coordinador son necesarios los siguientes materiales:

- Arduino UNO
- 1 módulo XBee S2C
- Xbee explorer USB
- 1Shield pro Xbee v03
- 1 Raspberry pi 3 con su cable USB
- 1 Power Bank de 5000mAh

Para la conexión lo primero que se debe de hacer es montar el Xbee encima del shield pro Xbee y a su vez montar el shield en el microcontrolador para que la comunicación se pueda establecer, es importante conocer si el dispositivo se encuentra en modo Xbee o en modo USB y una vez que se tenga armado el nodo se procede a conectar el raspberry pi 3 con el arduino como se aprecia en la figura 63 y como fuente de poder se usa un Power Bank de 5000 mAh que estará conectado al raspberry.



Figura 63. Conexión del nodo coordinador enlazado al raspberry pi 3 el mismo que está conectado a un Power Bank. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.13. Diseño del prototipo

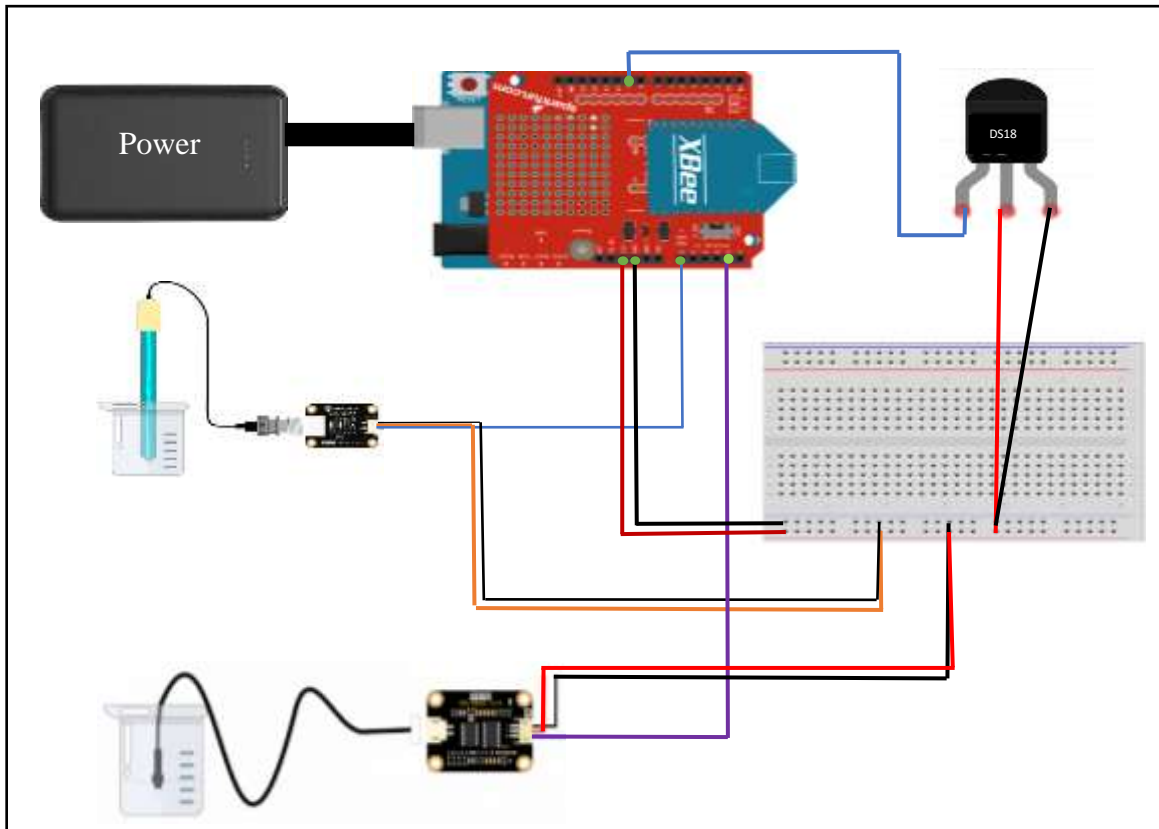


Figura 66. Diseño el nodo sensor elaborado en fritzing. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

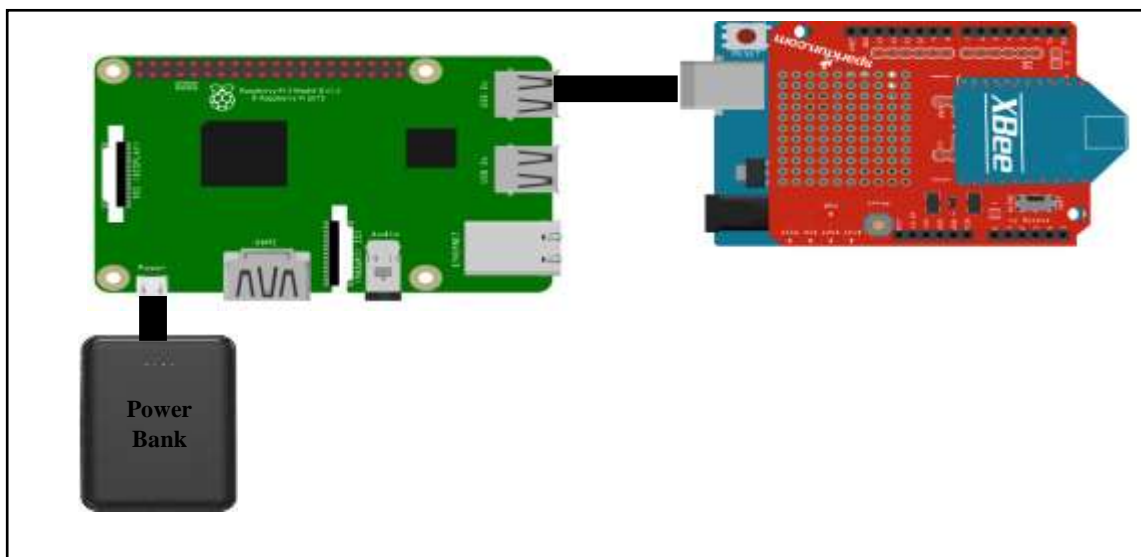


Figura 67. Diseño del nodo coordinador elaborado en fritzing. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.14. Pruebas del sistema

En este apartado, se demuestra el funcionamiento de los sensores (temperatura, pH y salinidad) con el módulo XBEE como se muestra en la figura 68 para dicha demostración se enviarán tramas de los datos tomados por medio de los sensores al nodo coordinador, el cual mediante un código en Python realizará el envío de dichos datos a la plataforma IOT “Ubidots”.

3.14.1. Nodo Transmisor

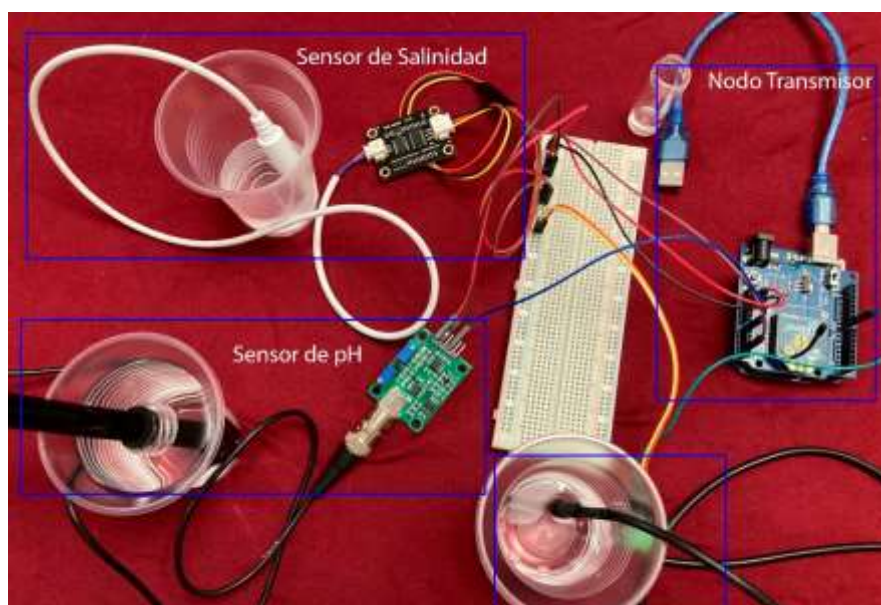


Figura 68. Prueba de funcionamiento de los sensores. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Tabla 20. Prueba de los sensores con su respectivo pin

Sensor y Alimentación para pruebas	Pin de la Placa
pH	Digital 0
Temperatura	Analog In 9
Salinidad	Analog In 5
Voltaje	5 [V]
Tierra	GND

Información tomada de la investigación web. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

La tabla anterior número 20 detalla los pines en los cuales se conectan los sensores al microcontrolador Arduino UNO y como el Xbee S2C mediante un Shield permite la comunicación modulo Xbee S2C-Arduino

3.14.2Nodo Receptor

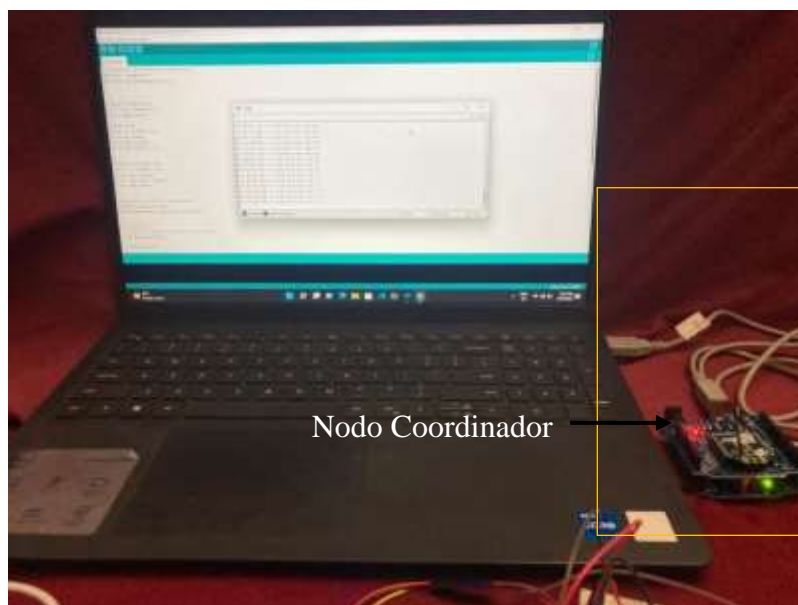


Figura 69. Nodo coordinador recibiendo los datos de los nodos. Investigación tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

La Figura 70 se visualiza por consola como el receptor recibe la trama que el nodo transmisor envía, dicha trama es recibida debido a la configuración del nodo coordinador, la trama enviada por el nodo transmisor es recibida como una cadena de caracteres separadas por un “|”, el primer valor corresponde a un identificador de que nodo transmisor envía la trama, el segundo valor a la temperatura, el tercer valor al pH, y el último valor corresponde a la salinidad.



Figura 70. Compilación del código en el nodo coordinador para enlazar con el raspberry

En las figuras que se muestran a continuación se evidencia como el nodo coordinador a través del Raspberry Pi3 sube a la plataforma las tramas procesadas que son enviadas por el nodo transmisor, para subir las tramas el Arduino se comunica con el Raspberry Pi3 por comunicación serial y separa las tramas en las respectivas variables, el código de Python usa una librería de “Ubidots” llamada “ApiClient”. La plataforma IoT Ubidots proporciona un Token el mismo que se encuentra en la figura 72 el cual es el identificador para subir los datos respectivos que se muestra en la figura 73.



Figura 71. Plataforma Ubidots. Investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

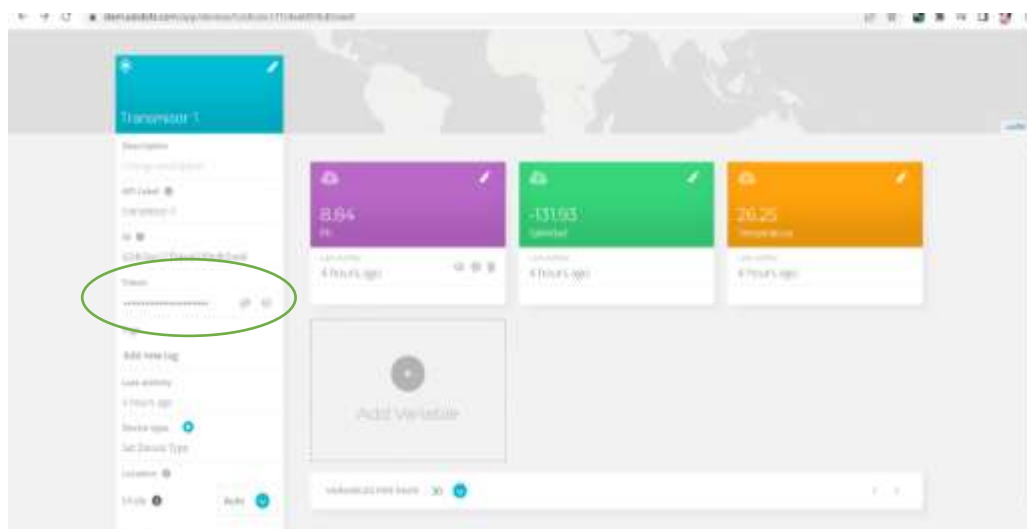


Figura 72. Token de la plataforma Ubidots. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola



Figura 73. Datos de los nodos sensores mostrados en pantalla. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.14.2.1. Configuración para la emisión de alertas por medio de la plataforma IoT

Una vez realizada la prueba del sistema y verificar que los sensores operen de forma adecuada se procedió a realizar pruebas de emisión de alertas las mismas que el usuario puede configurar en la parte de Event o evento de la plataforma Ubidots que cuenta con dos opciones SMS O Email como se muestra en la figura 74.

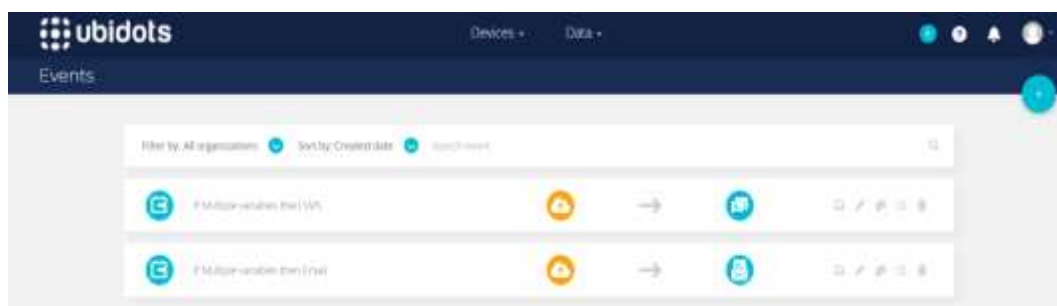


Figura 74. Ventana Eventos de la plataforma Ubidots. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Se configura la opción de evento en este caso como se está usando una cuenta gratuita solo se tiene la opción de ingresar un sensor y se procede a escoger el sensor de temperatura como se ve en la figura 75. La plataforma permite seleccionar cuando se quiere emitir la alerta, es decir, cuanta con opciones de, igual a, mayor que, menos que, menos que o igual a, grande que, entre otras, en este caso la estructura del evento quedo así: Si la temperatura es mayor que 27 °C por un minuto se procederá a emitir la alerta por correo electrónico.



Figura 75. Configuración de eventos en la plataforma Ubidots. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Se tiene la opción enviar el mensaje a varios destinatarios y a su vez se puede escoger la estructura del mensaje como se ve en la figura 76. Adicional se puede escoger el tiempo en el que se va a repetir cada alerta y los días de la semana estableciendo el horario como se ve en la figura 77.

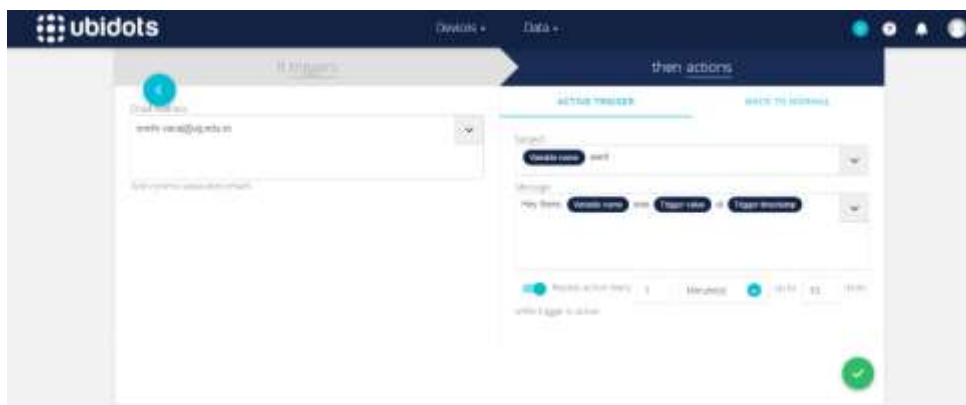


Figura 76. Configuración de correo electrónico y formato de mensaje para la emisión de alertas. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola



Figura 77. Configuración de los días y horarios que estará activo el evento. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.14.2.2. Notificación de alerta al correo del usuario

Una vez que se probó el dispositivo la temperatura comenzó a marcar más 27 °C por ese motivo comenzó a llegar la alerta al correo electrónico permitiendo conocer que la temperatura en esa piscina se está pasando de su rango normal como se aprecia en la figura 78 y 79, cuando los parámetros exceden su valor el usuario recibe notificaciones cada cierto tiempo.



Figura 78. Notificación de alerta emitida por la plataforma Ubidots por exceso de temperatura. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola



Figura 79. Notificaciones de alerta emitida por la plataforma Ubidots por exceso de temperatura. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.15. Pruebas de funcionamiento en la camaronera

A continuación, se detallan los resultados más relevantes obtenidos en las pruebas de funcionamiento como el indicador de potencia de señal recibida o más conocido como RSSI y las comparativas entre las muestras que se realizaron del prototipo en la camaronera Empagran.

3.15.1 Análisis de RSSI mediante la comunicación inalámbrica

El proyecto utiliza dos módulos Xbee S2C para su comunicación y mediante el uso del software XCTU se realiza su configuración el mismo que cuenta con una opción para medir el RSSI que vendría a ser el nivel de potencia de las señales que se mide en redes inalámbricas.

Se realizaron varias pruebas en puntos estratégicos para verificar el enlace entre los módulos transmisor y receptor en diferentes escenarios para conocer las distancias a la que llegan los datos. En la tabla 21 se aprecian los resultados obtenidos de las mediciones efectuadas en la empresa camaronera Empagran desde donde se va a posicionar la estación base hasta alguno de los nodos sensores

Tabla 21. Potencia de la señal realizada en la empresa Empagran

Distancia(m)	RSSI	RSSI	Paquetes	Paquetes	% Efectividad
	(dBm)	(dBm)	enviados	Recibidos	
	Trasmisor	Receptor			
50 m	-60dBm	-60dBm	100	100	100%
100 m	-75dBm	-74dBm	100	100	100%
120m	-70dBm	-66 dBm	100	95	82%
150 m	-84dBm	-80dBm	100	86	57%
200 m	-95dBm	-90dBm	100	47	33%

Información tomada de la investigación directa realizada en la empresa camaronera Empagran. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

Los resultados que se obtuvieron muestran un nivel de recepción adecuado hasta los 120m, de ahí una señal regular en los 150m con un número de pérdidas que se podría decir que hasta los 150 m esta aceptable la comunicación. En 200 m la señal comienza a perder más datos de transmisión del enlace ya establecido a unos 300m ya supera la sensibilidad del equipo que llega hasta los -100dBm

La estación para el nodo coordinador tiene buena recepción la misma que esté operando con una frecuencia de 2,4GHz y cuenta con una línea de vista limpia pero algún equipo acuático o

los postes que bordean la piscina provocaría dificultad de transmisión es decir interferencia a la hora de recibirlos datos.

Lo que se recomienda es seguir el diseño de red de topología mesh es decir una red de malla ya que al colocar cierto número de repetidores en las piscinas estos se encargarían de complementar la transmisión de los datos haciendo que llegue completa a su destino y buscar rutas que permitan enlazarse sin complicaciones. Por ese motivo trabajar con módulos Xbee que incorporan el protocolo Zigbee son una buena opción para redes que demandan alto tráfico de datos, solo depende de la estructura física de la red

3.15.2. Comparativa con equipos especializados

Las pruebas se las realizó en tres piscinas camaroneras, se utilizaron los equipos de campo que usan en la camaronera entre los que están el refractómetro de salinidad, medidor de pH LAQUAtwin y el YSI Pro20i medidor portátil de oxígeno disuelto en el que también se detalla por pantalla la temperatura y saturación de la piscina.

3.15.2.1 Primera medición

Tabla 22. Mediciones en la piscina camaronera.

Variables a medir	Equipos de la camaronera	Prototipo	Margen de error
Temperatura	25.70	26	1.16%
Salinidad	1,019	1,017	0.19%

Información tomada de la investigación directa realizada en la empresa camaronera Empagran. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca



Figura 80. Comparativa de valores de temperatura con prototipo/ Equipos de la camaronera. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola.

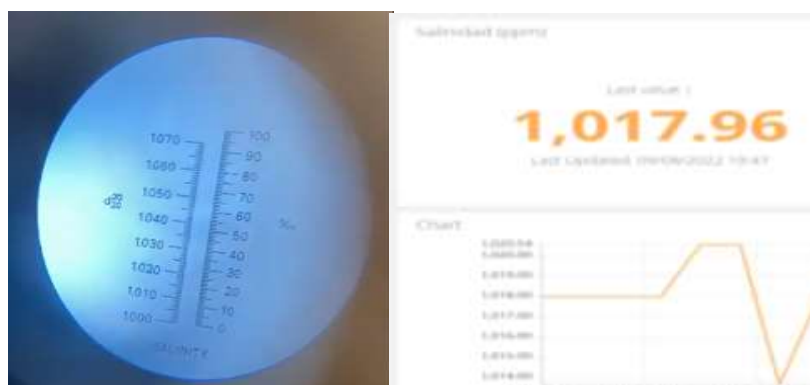


Figura 81. Comparativa de valores de Salinidad con prototipo/ Equipos de la camaronera. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.15.2.2. Segunda medición

Tabla 23. Toma de muestras realizadas en la camaronera.

Variables a medir	Equipos de la camaronera	Prototipo	Margen de error
pH	8.10	8.19	1.19%
Temperatura	26.20	26,25	0.19%
Salinidad	1,019	1,020	0,09%

Información tomada de la investigación directa realizada en la empresa camaronera Empagran.
Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca



Figura 82.Comparativa de valores de pH con prototipo/ Equipos de la camaronera. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola



Figura 83.Comparativa de valores de temperatura con prototipo/ Equipos de la camaronera. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola



Figura 84.Comparativa de valores de Salinidad con prototipo/ Equipos de la camaronera. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.15.2.3. Tercera medición

Tabla 24. Toma de muestras en las piscinas camaroneras.

Variables a medir	Equipos de la camaronera	Prototipo	Margen de error
pH	5.30	5.46	3.01%
Temperatura	25.6	25.50	0.39%
Salinidad	1,019	1,020	0.09%

Información tomada de la investigación directa realizada en la empresa camaronera Empagran. Elaborada por Evelin Carola Vaca Juca

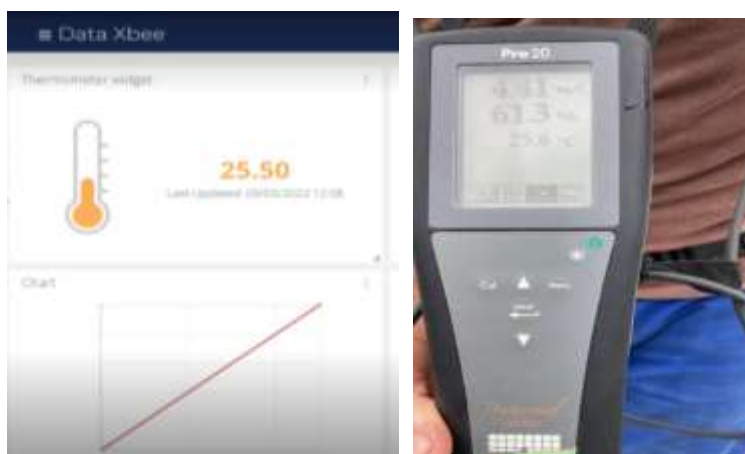


Figura 85. Comparativa de valores de temperatura con prototipo/ Equipos de la camaronera. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola



Figura 86. Comparativa de valores de pH con prototipo/ Equipos de la camaronera. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

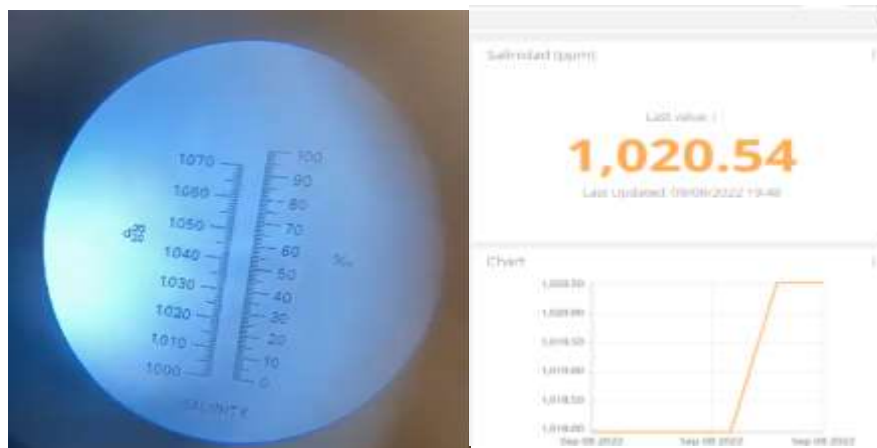


Figura 87. Comparativa de valores de Salinidad con prototipo/ Equipos de la camaronera. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.15.3. Exportar datos de los sensores

La plataforma Ubidots cuenta con la opción de exportar los datos de cada uno de los sensores en formato CSV al correo que el usuario registre como se muestra en la figura 88.

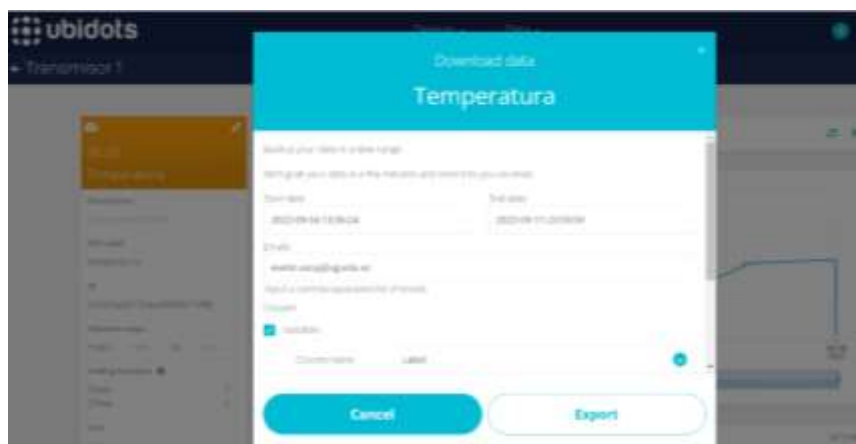


Figura 88. Exportar datos al correo del usuario. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

Formato en el que los datos llegan al correo, en este caso son los datos del sensor de temperatura como se muestra en la figura 89.

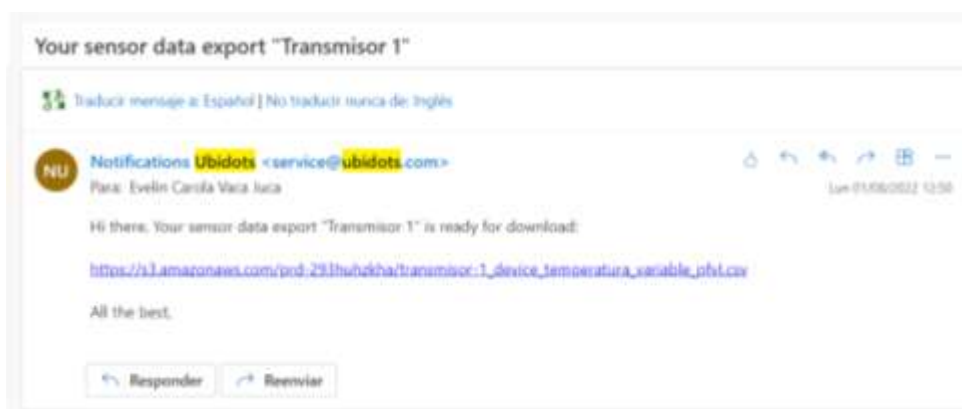


Figura 89. Notificación de Ubidots con los datos exportados. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelyn Carola

En la figura 90 se muestran los datos en formato CSV que se encuentran en el orden de temperatura seguido de la fecha y la hora de la medición.

	A	B	C	D	E
1	timestamp,temperatura,context_temperatura,date (device-id/uniqueid)				
2	1659172197596,26.69,2022-08-01 11:43:17.590000-05:00				
3	1659172194896,26.69,2022-08-01 11:43:16.699000-05:00				
4	1659172190440,26.69,2022-08-01 11:43:10.440000-05:00				
5	1659172186908,26.69,2022-08-01 11:43:06.909000-05:00				
6	1659172183392,26.69,2022-08-01 11:43:03.390000-05:00				
7	1659172179864,26.69,2022-08-01 11:42:59.864000-05:00				
8	1659172176339,26.69,2022-08-01 11:42:56.339000-05:00				
9	1659172172807,26.69,2022-08-01 11:42:52.807000-05:00				
10	1659172169326,26.69,2022-08-01 11:42:49.326000-05:00				
11	1659172165767,26.69,2022-08-01 11:42:45.767000-05:00				
12	1659172162229,26.69,2022-08-01 11:42:42.229000-05:00				
13	1659172158703,26.69,2022-08-01 11:42:38.703000-05:00				
14	1659172155284,26.69,2022-08-01 11:42:35.284000-05:00				
15	1659172151648,26.69,2022-08-01 11:42:31.648000-05:00				
16	1659172148174,26.69,2022-08-01 11:42:28.174000-05:00				

Figura 90. Datos del sensor de temperatura descargados en formato CSV. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelyn Carola

3.16. Costos del prototipo

Tabla 25. Costo de los materiales

Componentes	Cantidad	Valor por unidad (\$)	Valor total (\$)
Arduino uno	2	\$17	\$34
Shield Pro XBee	2	\$8	\$16
Modulo XBee S2C	2	\$50	\$100
Sensor de pH E-201-C	1	\$42	\$42
Sensor de temperatura DS18B20	1	\$7	\$7
Sensor de salinidad TDS	1	\$25	\$25
Raspberry pi 3	1	\$90	\$90
Jumper			
Caja plástica para proyectos electrónicos	2	\$13	\$26
Batería Power Bank	1	\$13	\$13
Xbee explorer USB	2	\$8	\$16
Total		\$	\$369

Información tomada para la realización del proyecto. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

3.17. Análisis de resultados

Se puede determinar que las muestras que se tomaron con los sensores inalámbricos en piscinas de camarón arrojaron resultados muy buenos debido a que el margen de error es muy pequeño y las lecturas se puedan dar de forma eficiente solo se debe de calibrar el sensor de pH para evitar algún inconveniente a la hora de la medición

El cable de los sensores debe de estar sumergido unos 30 cm para extraer los datos de forma correcta debido a que mientras más cerca este de la superficie tiende a variar más la temperatura.

Se llegó a la conclusión de que la hipótesis es verdadera debido a que se logró la monitorización de la calidad del agua junto a la comparativa que se realizó con las herramientas de uso diario en la camaronera EMPAGRAN, los resultados fueron concluyentes en que sí existe efectividad en la lectura y que el margen de error mostrado es mínimo y no afecta la toma de muestra original, lo que la hace más óptimo por mostrar los resultados en tiempo real en la plataforma IoT, la misma que emite alertas cuando el rango en el que se programó el sensor tiende a elevarse. Adicional a esto se puede comprobar que con un diseño de red de sensores es posible entablar una comunicación inalámbrica para la recepción de la señal, la misma que mejorará si se colocan los suficientes dispositivos Xbee en la piscina, dichos dispositivos funcionarían como router. Los mismos que se mostraron en la creación de la WSN, lo cual demuestra que si es viable la creación de una red inalámbrica de sensores que ayuden a monitorear la calidad del agua reduciendo el tiempo y mano de obra en el que se toman las muestras.

3.18. Conclusiones

El análisis que se realizó permitió determinar que con la adecuada estructura de red, el envío de datos o información se puede llevar a cabo sin complicaciones en la camaronera Empagran, debido a que establecer una comunicación inalámbrica en áreas extensas representa una ventaja en cuanto a costos de instalación ya que optar por una red cableada no es lo más viable, por tal motivo implementar una red con módulos Xbee y tecnología Zigbee con su protocolo IEEE 802.15.4 permite ofrecer seguridad a través de una topología mesh o red de malla, lo que representa una ventaja por las creaciones de red que se puedan dar en beneficio del usuario, buscando la ruta más cercana para el envío de información al coordinador y así se mejora la toma de muestras manuales que actualmente se maneja en la camaronera.

Se concluyó que con la implementación de nodos sensores se reducirá las horas en las que el personal toma la muestra en las piscinas debido a que las mismas estarían mostrándose en tiempo real a través de la plataforma IoT, la misma que se actualiza constantemente en menos de 1 minuto.

Se concluye que implementar la red de sensores con módulo Xbee S2C a una frecuencia de 2,4Ghz si establece enlace de comunicación si se tiene una línea de vista sin obstrucciones que provoque pérdida de la potencia de señal.

Se concluye que la potencia que se midió con el RSSI refleja que sí se entabla una comunicación inalámbrica adecuada a una distancia de 100 a 120 m llegando a -66 dBm debido a que no llegan al tope de la sensibilidad del equipo, pero es propensa a sufrir interferencias por ese motivo no es recomendable una red punto a multipunto, se debe escoger una red de malla que permita distribuir los datos enviados y obtener un alcance sin perder la información. Sin embargo, en las pruebas desarrolladas en la camaronera la distancia de recepción se reduce a un Xbee de rango que funciona en interiores.

Implementar una red con módulos Xbee es de bajo costo y ahorro de energía y con la incorporación de raspberry se pueden completar más cosas al diseño.

Se consiguió que los sensores se enlacen correctamente a la plataforma Ubidots la misma que ha demostrado ser óptima para el envío de alertas y notificaciones permitiendo cambiar formatos de dashboard y admitiendo más nodos sensores. La plataforma Ubidots es accesible de manejar por tal motivo el usuario no va a tener inconvenientes al utilizarlo, cabe recalcar que con una cuenta gratuita solo admite 30.000 datos por mes y si se quiere mayor capacidad se debe pagar un plan como por ejemplo un plan industrial de \$500 que permite colocar 1,000 nodos.

. Se averiguo que la conexión de internet para la transmisión de datos con la que cuenta la empresa Empagran consta de una velocidad de 80Mbps el mismo que permitió el envío de información a la nube de la plataforma sin inconvenientes, pero corre el riesgo de que se vuelva lento si más usuarios acceden a la red.

.

3.19. Recomendaciones

Considerar activar un plan de internet más grande en cuestión de velocidad que sea mayor o igual 100Mbps debido al envío de información que se está dando lo que provoque que se vaya a colapsar la transmisión y los datos se encuentren en cola sin mostrarse.

Los sensores deben de tener un mantenimiento adecuado y limpieza semanal debido a que al pasar todo el día sumergido en la piscina están expuestos a llenarse de algas, corroerse y eso puede provocar malas lectura y que el dispositivo tienda a dañarse a corto plazo.

La antena debe de posicionarse a una altura correcta con buena línea de vista en caso de que la red a cubrir sea más grande para enlazarse con los demás sensores y así la recepción de la señal sea la adecuada y no haya pérdida de paquetes, por eso se debe de hacer un estudio de cuantos repetidores se deberían usar para la distribución de información y evitar el colapso de datos.

Se puede implementar un módulo Xbee con mayor frecuencia como de 900Mhz para un mayor alcance con potencias de transmisión más altas que las frecuencias de 2,4GHz debido a que entre bandas pueden existir interferencias

Al utilizar el simulador de Radio Mobile se pueden dar mediciones incorrectas debido a que el sistema no puede reflejar otros factores externos que afectarían la transmisión de la señal. Como la humedad del ambiente o que los equipos estén expuestos a la salinidad de las piscinas.

Se recomienda adquirir sensores industriales debido a que se adaptarían mejor al medio o el área donde se coloquen, lo que le otorgaría más precisión y mayores ventajas al diseño de la red.

Considerar usar paneles solares con su respectivo transformador para contribuir más con la energía renovable y adaptarlas en el sector acuícola en vez de usar otro tipo de fuente de energía.

ANEXOS

Anexo 1

Configuración modulo XBee S2C como nodo sensor

Lo primero que se debe hacer es colocar el módulo XBee en el Xbee explore USB luego conectar el cable USB del explore a la computadora como se aprecia en la figura 91 y confirmar si los pines Tx y Rx parpadean debido a que eso indica que se está estableciendo una comunicación y se procede a realizar la configuración del mismo en la aplicación XCTU que se la debe descargar en la página oficial de Digi



Figura 91. Configuración del módulo Xbee S2C como nodo sensor. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

El siguiente paso es abrir el software XCTU y dar clic en el icono de la lupa que se va a encargar de buscar los módulos que se encuentran conectados, en este caso se abre una pantalla con el puerto COM 3 como se aprecia en la figura y se da clic en next y al último finalizar para que el software proceda a encontrar el módulo y lo agregue a la lista en el lado izquierdo del panel dando clic en “Add selected devices” como se aprecia en la figura 92



Figura 92. Software XCTU búsqueda de dispositivos conectados. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Vaca Juca Evelin Carola

El siguiente paso es dar clic en el módulo para configurar los parámetros que vienen por defecto como se aprecia en la figura en el lado derecho del panel, también se encuentran la opción red que es la leerá las modificaciones en general, a su vez la opción write que permite guardar los cambios que se hayan hecho en los parámetros, la opción default regresará el panel a su estado predeterminado. La configuración que se realizó es la siguiente:

ID PAN ID: el valor debe ser el mismo en los distintos módulos para que se puedan conectar a la red para poder establecer una comunicación en este caso se le puso 1112.

JV Channel Verificación: Se pone la opción habilitada (Enabled) para que cuando se conecte proceda a buscar al coordinador.

JN Join Notification: Se coloca habilitado para que parpadee el led cuando se vayan a transmitir las tramas de pruebas

NI Node identifier: Aquí es donde colocamos el nombre al dispositivo que conectamos en este caso se le lo identifica como Nodo sensor

DO Pin 20: Se lo configura como Digital, Input para que se pueda comunicar con el nodo coordinador.

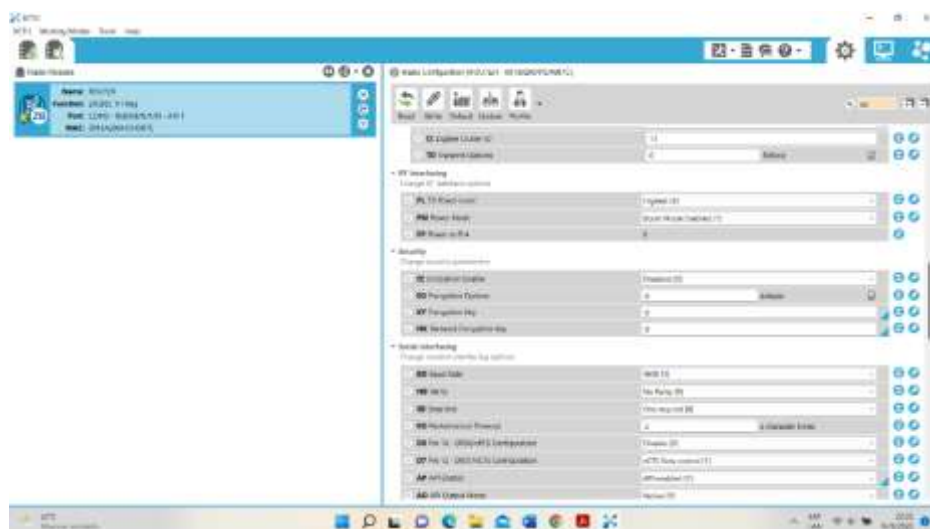


Figura 93. Configuración del nodo sensor en el XCTU. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

Anexo 2

Configuración del nodo Xbee S2C como nodo coordinador (Receptor)

Al igual que en el nodo sensor, en este nodo coordinador su Xbee debe de ser configurado en el software XCTU, para esto se debe de montar el Xbee, en el Xbee explorer USB como se aprecia en la figura se debe dar clic en la lupa que indica buscar y aparecerá el módulo en el puerto que fue asignado cuando se conectó el módulo al ordenador.



Figura 94. Configuración del nodo Xbee S2C. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

El siguiente paso es configurar los parámetros que permitirán al Xbee funcionar como el nodo coordinador los mismos que se detallan a continuación:

ID PAN ID: el valor debe ser el mismo que se colocó en el anterior módulo 1112 para establecer la comunicación.

CE Coordinator Enable: Se coloca la opción habilitar para que el dispositivo comience a funcionar como coordinador de la red

NI Node identifier: Aquí es donde colocamos el nombre al dispositivo que conectamos en este caso se le lo identifica como nodo coordinador

Anexo 3

Configuración del raspberry pi 3

Lo primero que se debe realizar es descarga el sistema operativo Raspbian de Linux de la página oficial de Raspberry Pi, descargar SD card formatter para que los archivos del raspbian se instalen adecuadamente, esto se conecta por medio de un adaptador para poder ejecutar las aplicaciones y se espera hasta que se instale como se ve en la figura

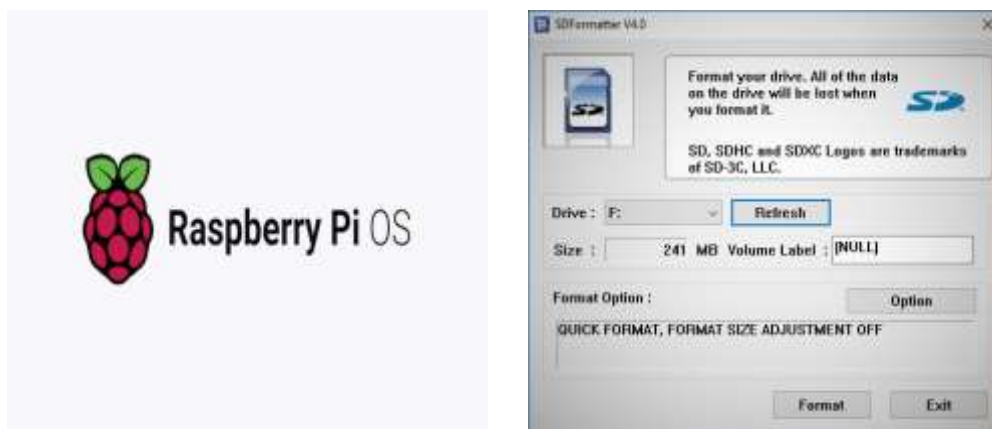


Figura 95. Configuración del raspberry pi 3. Información tomada de la investigación directa.
Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

Se ejecuta la aplicación SDFormatter y el software Win32Disk Imager los mismos que buscan la ubicación de la tarjeta para agregar los archivos e imagen y una vez finalizado la configuración, aparece el sistema operativo raspbian copiado y preinstalado en la tarjeta micro SD, una vez realizado estos pasos se desconecta la tarjeta del ordenador y se la conecta en el lector del raspberry y se procede a conectar el cable del monitor en el puerto HDMI del microordenador, el mouse y el teclado van conectados en el puerto USB debido a que es necesario tener estos dispositivos conectados para poder realizar la configuración desde el monitor donde el raspberry debe de estar conectado a una fuente de energía que puede ser de 5v como se ve en la figura. Una vez realizado los pasos anteriores y las configuraciones correspondientes se descarga Python para poder realizar la codificación correspondiente es decir los datos que recibe el nodo coordinador serán enviados al raspberry para que lleguen a su destino final.



Figura 96. Funcionamiento del sistema operativo y prueba del código en Python. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

Anexo 4

Caja de nodo coordinador y nodo receptor



Figura 97. Nodo sensor. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola



Figura 98. Nodo coordinador. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

Anexo 5

Herramientas que se usan para tomar las mediciones en las piscinas



Figura 99. Herramientas que se usan para tomar las muestras en las piscinas camaroneras. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

Anexo 6

Pruebas de conectividad desde la compuerta de salida



Figura 100. Pruebas de funcionamiento del prototipo mediante la comparación de resultados. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

Anexo 7

Ubicación del nodo sensor con line de vista a la estación base a una distancia de 150 m



Figura 101. Prueba de distancia para la recepción de datos. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

Anexo 8

Prueba de medición de los sensores

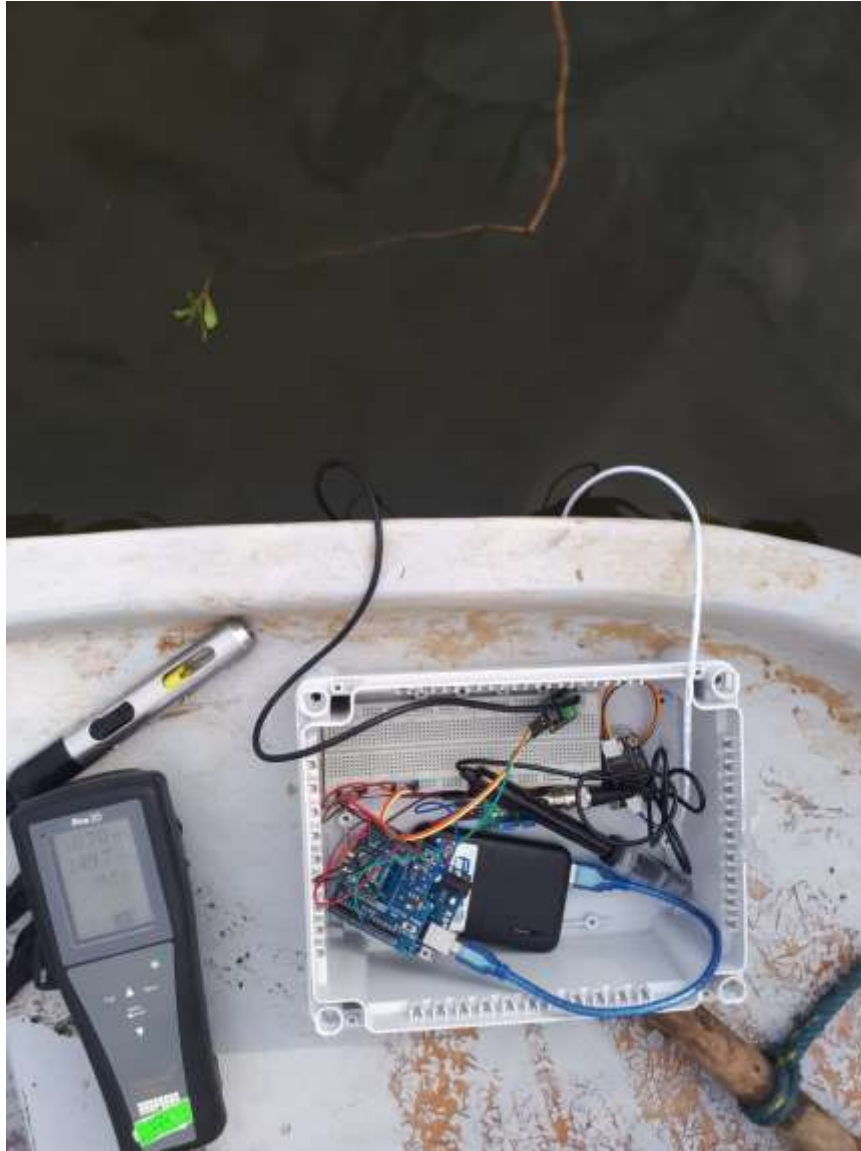


Figura 102. Comparativa de la toma de muestra. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

Anexo 9

Toma de muestra en distintos puntos de la piscina



Figura 103. Toma de muestra en distintos puntos de la piscina camaronera. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

Anexo de toma de distancia 10



Figura 104. Alcance de los módulos Xbee. Información tomada de la investigación directa. Elaborada por Vaca Juca Evelin Carola

Anexo 11**Programación del nodo coordinador**

```
#include "SoftwareSerial.h"

SoftwareSerial Rpi(2, 3); // rx, tx
String trama1;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

  Serial.begin(9600);
  Rpi.begin(9600);

}

void loop() {
  delay(500);
  if (Serial.available() > 0){
    trama1 = Serial.readStringUntil(10);
    Serial.println(trama1);
    Rpi.println(trama1);
  }
}
```

Anexo de programación de nodo sensor 12

```
// Librerias del sensor de temperatura
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
//Sensor Temperatura
const byte pinTemp = 9;
float temp_value;
//Sensor pH
const int pinPH = A0;
float ph_value;
float ph_voltage;
float ph_offset = 0.5;
//Sensor de Salinidad

const int pinTDS = A4;

float tds_voltage;
float tds_comp_voltage;
float tds_value;
//Iniciacion librerias Temperatura
OneWire oneWire(pinTemp);
DallasTemperature sensorTemp(&oneWire);

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  //Temperatura
  sensorTemp.begin();

  // PH
  pinMode(ph_value, INPUT);
  //TDS
```

```

    pinMode(tds_value, INPUT);
}

void loop() {
    // obtener temp
    sensorTemp.requestTemperatures();
    temp_value = sensorTemp.getTempCByIndex(0);

    //Obtener pH
    ph_voltage = analogRead(pinPH) * (5.0 / 1024.0);
    ph_value = ph_voltage*(7.0/2.5) + ph_offset;
    //Serial.println(ph_value);

    //obtener salinidad
    tds_voltage = analogRead(pinTDS)*5/1024.0;
    float temp_coef = 1.0 + 0.02 * (temp_value - 25.0); // temperature compensation formula
    tds_comp_voltage = (tds_voltage / temp_coef);
    tds_value = (133.42*pow(tds_comp_voltage, 3) - 255.86*pow(tds_comp_voltage, 2) +
    857.39*tds_comp_voltage)*0.5;
    Serial.println("1|" + String(temp_value) + "|" + String(ph_value) + "|" + String(tds_value) + "|");
    delay(3000);
}

```

Anexo de programación en Python para Ubidots

```

from ubidots import ApiClient

```

```

import serial

```

```

import time

```

```
api = ApiClient(token='BBFF-sn1yUTbVzLsweOgiTKYzPLCDlqsxOL')
```

```
ub_temp = api.get_variable('600fbbba1d84725416c2bbb4')
```

```
ub_hum = api.get_variable('600fbbc31d847255f379c8fe')
```

```
ub_luz = api.get_variable('600fbbba1d84725416c2bbb4')
```

```
arduino = serial.Serial('/dev/ttyS1', 9600, timeout=2.0)
```

```
print('conectado por serial')
```

```
time.sleep(2)
```

```
try:
```

```
    while(1):
```

```
        if (arduino.in_waiting > 0):
```

```
            try:
```

```
                dato = arduino.readline()
```

```
                l_dato = dato.decode().split("|")
```

```
                print(l_dato)
```

```
                num_trama, temp, hum, luz, esp = l_dato
```

```
                luz = (int(luz)-10)*(100/875)
```

```
                print()
```

```
                ub_temp.save_value({'value':temp})
```

```
                ub_hum.save_value({'value':hum})
```

```
                ub_luz.save_value({'value':luz})
```

```
                time.sleep(1)
```

```
            except(ValueError):
```

```
        print('Error de formato, numero no recibido')
except(KeyboardInterrupt, SystemExit):
    print("")
    print('Programa terminado')
    arduino.close()
```


Bibliografía

- ¿Qué es Bluetooth? Toda la información sobre el estándar inalámbrico. (20 de 7 de 2020). Ionos Digitalguide: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-bluetooth/>
- (16 de 06 de 2022). Obtenido de Arquitectura de red de sensores inalámbricos y sus aplicaciones : <https://es.jf-paredes.pt/wireless-sensor-network-architecture#:~:text=La%20arquitectura%20de%20la%20red%20de%20sensores%20inal%C3%A1mbricos,efectivo%20entre%20la%20estaci%C3%B3n%20base%20y%20los%20nodos.>
- Acuacultura, C. N. (2021). Acuacultura. Acuacultura , 120.
- Alvarado, P., Aguilar, S., Ramirez, A., & Ortiz, R. (2019). Sistema dinámico para el monitoreo y control de redes inalámbricas de sensores que operan bajo el protocolo de comunicación ZigBee. Ingeniería, Investigación y tecnología . Universidad Autónoma de Zacatecas, Mexico, Mexico. doi:<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n1.003>
- Arias, A., Ruiz, J., Espinoza, E., & Valenzuela, F. (2018). Programando redes inalámbricas de sensores aplicadas al Internet de las Cosas (IoT): Un análisis sistemático. Revista de Cómputo Aplicado-Ecorfan , 2(7), 8-14. Obtenido de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Computo_Aplicado/vol2num7/Revista_de_Computo_Aplicado_V2_N7_2.pdf
- Arias, M. B. (2020). Simulación del proceso de crianza del camarón utilizando radiofrecuencia, sistemas embebidos y energía autosustentable, para disminuir los niveles de mortalidad. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15596>
- Arteaga, G. (26 de 10 de 2020). Investigación bibliografica - Cómo llevar a cabo una .testsiteforme: <https://www.testsiteforme.com/investigacion-bibliografica/>
- Barbara. (16 de 04 de 2021). Plataformas IoT: que son y cómo pueden beneficiar a tu empresa. Barbara IoT: <https://barbaraiot.com/blog/plataformas-iot-que-son-y-como-pueden-beneficiar-a-tu-empresa/>
- Boyd, C. E. (14 de 06 de 2022). Calidad del agua. <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>
- Boyd, C. E. (2 de 06 de 2022). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>
- Chausaria, T., & Jain, P. K. (14 de 12 de 2019). "Enhanced Smart Home Automation System based on Internet of Things". doi:10.1109/I-SMAC47947.2019.9032685
- Chu, Y.-Y., & Liu, K.-H. (10 de 2020). "IoT in Vehicle Presence Detection of Smart Parking System". doi:10.1109/ECICE50847.2020.9301942

- ConceptoABC. (28 de 7 de 2022). Redes inalámbricas: <https://conceptoabc.com/redes-inalambricas/>
- Condori-Ojeda, P. (2020). Universo,población y muestra . Curso Taller: <https://www.aacademica.org/cporfirio/18>
- Digi. (2020). Red de malla inalámbrica Zigbee. Digi: <https://es.digi.com/solutions/by-technology/zigbee-wireless-standard>
- Digi. (2022). ¿Qué es XBee? Obtenido de Digi : <https://xbee.cl/que-es-xbee/>
- Estévez, E., & Rodas, E. (2019). Construcción de un vehículo acuático de superficie para supervisión en piscinas camaroneras empleando un planificador de trayectorias por puntos. (Dispositivo Tecnológico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo , Guayaquil. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13506>
- García, R. (19 de 05 de 2022). Qué es el Bluetooth y todo lo que permite esta tecnología. Obtenido de Adslzone: <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/bluetooth/>
- German, R., Iván, A., Verónica, Q., Alberto, C., & Marisela, P. (24 de 12 de 2020). Sistema de monitoreo en tiempo real de pH basado tecnología ZigBee para granjas de camarones, caso de. Revista de Ciencias Tecnológicas (RECIT), 3(4), 206-212. doi: <https://doi.org/10.37636/recitar.v34206212>
- Guía de manejo de camaroneras. (5 de 06 de 2022). Skretting a Nutreco Company: https://libreriaskretting.ec/admin/public/uploads/catalogos/guia_manejo_camaroneras.pdf
- Hernández, F., & Lugo, E. (2022). Características de la Arquitectura de Red. En F. Hernández, & E. Lugo, Apuntes Digitales -Redes de Computadoras. Mexico: Universidad Autónoma del estado de Hidalgo . http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro35/12_caractersticas_de_la_arquitectura_de_red.html
- Hernández, F., & Lugo, J. (2022). Características de la Arquitectura de Red. En F. Hernández, & J. Lugo, Apuntes Digitales-Redes de Computadoras. http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro35/12_caractersticas_de_la_arquitectura_de_red.html
- Hernandez, R. (09 de 12 de 2019). ¿Qué es la tecnología LoRa y por qué es importante para IoT? The Things Network User: <https://www.thethingsnetwork.org/community/santa-rosa/post/que-es-la-tecnologia-lora-y-por-que-es-importante-para-iot>
- Hudhajanto, R. P., Fahmi, N., Prayitno, E., & Rosmida. (2018). "Real-Time Monitoring for Environmental Through Wireless Sensor Network Technology". doi:10.1109/INCAE.2018.8579377
- InternationalIT. (28 de 09 de 2021). Topología de Red: conozca los principales tipos. Obtenido de INTERNATIONAL IT: <https://www.internationalit.com/post/topologia-de-red-conozca-los-principales-tipos?lang=es>
- Julio. (13 de 03 de 2021). ApuntesJulio. Obtenido de Topologías de red : <https://apuntesjulio.com/topologias-de-red/>

- Maldonado, K., & Ramírez, M. (2018). Diseño y estudio comparativo de una red inalámbrica de largo alcance usando las tecnologías XBee de 900 MHz y 2.4 GHz dentro de una productora camaronera. (Proyecto Integrador). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54750>
- Mier, L. (2020). Ubidots: La plataforma IoT enfocada al manejo de datos. Bitcuco : <https://bitcu.co/ubidots/>
- Mollo, S., & Pizarro, D. (2018). Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques para la crianza de camarones. (Revista chilena de ingeniería). Universidad de Tarapacá, Guayaquil. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052018000500055>
- Negocios, & E. (8 de 06 de 2021). Blockchain: factor crucial en el crecimiento de exportaciones de camarón. Innovación Empresarial Datta;Ekos Negocios: <https://datta.com.ec/articulo/blockchain-factor-crucial-en-el-crecimiento-de-exportaciones-de-camaron>
- Orellana, P., & Orellana, A. (2022). Redes informaticas . Topologías de red : <https://sites.google.com/site/tecnocompu32/home/topologias-de-red>
- Orgón, M., Zagajec, L., & Schmidt, I. (2019). XBee technology: Complex evaluation of radio parameters. Universidad Tecnológica de Eslovaquia en Bratislava, Eslovaquia. doi:<https://doi.org/10.1109/ICUMT48472.2019.8970753>
- Osorio, A., Sánchez, E., García, G., & Lozano, P. (2019). Evaluation of Wireless Network Based on ZigBee Technology Using XBee Modules. 2019 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV). Universidad Veracruzana, México. 10.1109/ICEV.2019.8920468
- Pengfei, Z., Boon, T. K., & Yixin, W. (30 de 10 de 2019). "Sensor Selection in Wireless Sensor Networks for Structural Health Monitoring,". doi:10.1109/SENSORS43011.2019.8956873
- Piguave, R., & Zambrano, J. (2018). "DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN UN LABORATORIO DE LARVAS DE CAMARÓN". (Informe de Proyecto Integrador). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. e <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/47420/1/D-CD106601.pdf>
- Pizarro, M. (2019). IoT. Una experiencia educativa con la plataforma Thingier.io. Proceso en la niebla. (Trabajo fin Grado). Universidad Carlos III de Madrid, Leganés. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30398/TFG_Maria_Pizarro_Medina.pdf?sequence=1
- Poveda, & Piedrahita. (19 de 10 de 2020). La industria camaronera de Ecuador superando numerosos obstáculos en 2020. <https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-camaronera-de-ecuador-superando-numerosos-obstaculos-en-2020/#:~:text=El%20cultivo%20de%20camar%C3%B3n%20en%20Ecuador%2C%20una%20de,2020%20debido%20a%20la%20pandemia%20mundial%20de%20coronavirus.>
- Puerta de enlace . (5 de 08 de 22). Obtenido de <https://www.puertadeenlace.com/faq/general/46-que-es-una-puerta-de-enlace-gateway>
- R, J. L. (23 de 02 de 2019). 247tecno. Obtenido de Tecnologías inalámbricas | Características y como funcionan: <https://247tecno.com/tecnologias-inalambricas-caracteristicas-y-como-funcionan/>

- Ramírez, J., Millán, P., Corona, J., Barrios, E., & Delgado, J. (2019). Dispositivo portátil para monitoreo de calidad del agua en granjas acuícolas de camarón. Instituto Tecnológico de Colima, México.
<https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes6no2vol2/8.%20Dispositivo%20Portátil%20para%20Monitoreo%20de%20Parámetros%20de%20Calidad%20del%20Agua%20en%20Granjas%20Acuícolas%20de%20Camarón.pdf>
- Rathniman, D., Surendran, D., Shilpa, A., Grace, A. S., & Sherin, J. (06 de 2019). Modern Agriculture Using Wireless Sensor Network (WSN). doi:10.1109/ICACCS.2019.8728284
- Rodriguez, A., Figueredo, J., & Chica, J. (03 de 03 de 2018). Sistema de control y telemetría de datos mediante una aplicación móvil en Android basado en IoT para el monitoreo de datos. revista Espacio, 39(22), 30. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n22/a18v39n22p30.pdf>
- Saúl. (27 de 06 de 2019). ¿Qué importancia tiene el pH en la cría de camarones ? Molinos Champion: <https://www.molinoschampion.com/ph-cria-de-camarones/#:~:text=Si%20el%20pH%20cambia%20significativamente,sean%20susceptibles%20a%20las%20enfermedades>
- Saul. (21 de 06 de 2019). La alta temperatura en la cría de animales. Molinos Champion: <https://www.molinoschampion.com/temperatura-animales/>
- Saul, P. (27 de 06 de 2019). ¿Qué importancia tiene el ph en la cría de camarones? Campeón Molinos, pág. 1. <https://www.molinoschampion.com/ph-cria-de-camarones/#:~:text=Si%20el%20pH%20cambia%20significativamente,sean%20susceptibles%20a%20las%20enfermedades>
- Serrano, D. (16 de 05 de 2022). Exportaciones de camarón lideran en el primer trimestre. El Comercio, pág. 1. <https://www.elcomercio.com/actualidad/camaron-encabeza-lista-exportaciones-primer-trimestre.html>
- TechTarget. (01 de 2021). Red de sensores inalámbricos o WSN. Blogspot: <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Red-de-sensores-inalambricos-o-WSN>
- Thingspeak. (23 de 11 de 2018). Aprendiendo Arduino: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/23/thingspeak/#:~:text=ThingSpeak%20es%20un%20plataforma%20de,y%20actuar%20sobre%20los%20datos.>
- Ukhurebor, K. E., Odesanya, I., Tyokighir, S. S., Kerry, R. G., Olayinka, A. S., & Bobadoye, A. O. (6 de 10 de 2020). Wireless Sensor Networks: Applications and Challenges. doi:DOI: 10.5772/intechopen.93660
- Valero, C. (14 de 06 de 2022). Qué es el wifi y cómo funciona para conectar todo a internet. Adslzone: <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/que-es-wifi-como-funciona/>