



**Sistema de monitoreo de minerales en las aguas fluviales del Cantón Santa Lucía para la dosificación de insumos agrícolas.**

Línea de investigación:

**Tecnología de la Información y la Comunicación**

Modalidad de titulación

**Propuesta Tecnológica**

**Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

**Ingeniero en Tecnologías de la Información**

Autor:

FIDEL ALEJANDRO QUINTO ARTEAGA

Tutores

PhD. Giraldo de la Caridad León Rodríguez

PhD. Alejandra Colina Vargas

Samborondón – Ecuador

2022

## **Dedicatoria**

Este trabajo de titulación va dedicado a mi familia quien siempre me han apoyado siempre en todos mis procesos de estudios, asimismo, se lo dedico a mis hermanos, esposa y familiares por siempre estar dándome ánimos y apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios todo poderoso, por cuidarme, darme sabiduría, inteligencia y perseverancia para nunca persistir de mis sueños. Agradezco a todos mis profesores de la Universidad Ecotec, por brindarme su apoyo, conocimientos y experiencias para mi carrera profesional. Agradezco a mi grupo de compañeros de la universidad por brindarme su amistad y ayuda cuando más lo he necesitado.

En especial a mi tutora metodología, PhD. Alejandra Colina Vargas, por sus excelentes conocimientos impartidos en las aulas de clase, y por ser esa persona quien le ha dado una buena estructura y calidad de trabajo de titulación presentado.

A mi tutor científico PhD. Giraldo de la caridad León Rodríguez por brindarme su apoyo durante todo mi proceso de titulación.

A mi facultad de ingenierías, por ayudarme en todos los procesos administrativos de estudios, las aperturas de materias y sobre todo en la rapidez de gestionarnos este proceso de titulación.



**UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR  
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR METODOLÓGICO Y CIENTÍFICO PARA LA  
PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Samborondón, 5 de diciembre de 2022

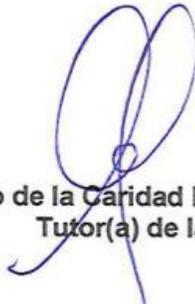
Magíster  
**Erika Ascencio Jordán**  
Decano(a) de la Facultad  
Ingenieras  
Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de integración curricular TITULADO: **Sistema de monitoreo de minerales en las aguas fluviales del Cantón Santa Lucia para la dosificación de insumos agrícolas.** según su modalidad **Propuesta tecnológica;** fue revisado, siendo su contenido original en su totalidad, así como el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía para su elaboración, Por lo que se autoriza al estudiante: **QUINTO ARTEAGA FIDEL ALEJANDRO,** para que proceda con la presentación oral del mismo.

**ATENTAMENTE,**

  
PhD. **Alejandra Colina Vargas**  
Tutor(a) metodológico

  
PhD. **Giraldo de la Caridad León Rodríguez**  
Tutor(a) de la ciencia

**UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR  
CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS  
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

---

Habiendo sido revisado el trabajo Propuesta Tecnológica TITULADO: Sistema de monitoreo de minerales en las aguas fluviales del Cantón Santa Lucía para la dosificación de insumos agrícolas, según su modalidad Propuesta Tecnológica elaborado por Fidel Alejandro Quinto Arteaga fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje de coincidencias del 3% mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del Trabajo de integración curricular. Se puede verificar el informe en el siguiente link: <https://secure.urkund.com/view/145120244-702754-628820#/exported>.



Document Information

Analyzed document	tesis_Sistema_de_monitoreo_Urkund.docx (D151963360)
Submitted	12/4/2022 11:23:00 AM
Submitted by	
Submitter email	fquinto@est.ecotec.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	gleon.ecotec@analysis.urkund.com

ATENTAMENTE,

  
PhD. Alejandra Colina Vargas  
Tutor(a) metodológico

  
PhD. Giraldo de la Caridad León Rodríguez  
Tutor(a) de la ciencia

## Resumen

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo desarrollar un prototipo de un sistema de monitoreo que permita identificar la calidad de aguas fluviales en el cantón Santa Lucía, a fin de mejorar las técnicas de dosificación agrícola. Para el desarrollo del mismo se investigó una serie de referentes teóricos sobre todos los temas que convergen tanto para el sistema de monitoreo y la dosificación de insumos agrícolas. Para la elaboración del prototipo se basó en la metodología de microciclo Ropes, la cual estuvo constituida por cinco fases. La fase uno de compromiso, consistió en describir el cronograma de actividades a realizar; la segunda fase, fue de análisis en donde se desarrolló los requerimientos a través de diagramas de casos de uso; la fase tres de diseño, se creó cinco diferentes vistas para demostrar el prototipo y todos sus componentes desde diferentes perspectivas. En la fase cuatro de transformación, fue la descripción del código y sus librerías utilizadas en el sistema de monitoreo, finalmente, la fase cinco de pruebas, se realizó una encuesta de diferentes pruebas en donde se detalló los resultados positivos que se obtuvieron en la encuesta acerca de la funcionalidad del prototipo. Este sistema de monitoreo cumplió con todos los requerimientos iniciales del proyecto, ya que genera los resultados de los diferentes parámetros de medición (PH, conductividad, NPK) de la calidad de agua, de igual forma a nivel de aspectos físicos, funcionales y globales, los mismos que fueron probados mediante las pruebas de caja negra.

**Palabras claves:** Sistema de monitoreo, Dosificación de insumos agrícolas, Aguas fluviales, Microciclo Ropes, Pruebas de funcionalidad, Caja negra.

## **Abstract**

The objective of this degree work was to develop a prototype of a monitoring system to identify the quality of river water in the Santa Lucia canton, in order to improve agricultural dosing techniques. For the development of the prototype, a series of theoretical references were investigated on all the issues that converge for both the monitoring system and the dosing of agricultural inputs. The prototype was developed based on the Ropes microcycle methodology, which consisted of five phases. Phase one, commitment, consisted of describing the schedule of activities to be performed; phase two, analysis, where the requirements were developed through use case diagrams; phase three design, five different views were created to demonstrate the prototype and all its components from different perspectives. In phase four of transformation, was the description of the code and its libraries used in the monitoring system, finally, phase five of testing, a survey of different tests was performed where the positive results obtained in the survey about the functionality of the prototype were detailed. This monitoring system fulfilled all the initial requirements of the project, since it generates the results of the different measurement parameters (PH, conductivity, NPK) of water quality, as well as physical, functional and global aspects, which were tested by means of black box tests.

Key words: Monitoring system, Agricultural inputs dosage, River water, Microcycle Ropes, Functional tests, Black box.

## Índice

Resumen .....	vii
Abstract.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Listado de Figuras .....	xiii
Listado de tablas.....	xvi
Introducción .....	17
Planteamiento del problema .....	18
Pregunta problema .....	19
Objetivos.....	19
Objetivo general .....	19
Objetivos específicos.....	20
Justificación .....	20
Alcance .....	22
Capítulo 1. Marco Teórico.....	23
1.1 Antecedentes .....	24
1.2 Referentes teóricos .....	26
1.2.1 El agua.....	26
1.2.2 Calidad del agua .....	27
1.2.3 Tipos de minerales del agua .....	27
1.2.4 Criterios de medición del agua .....	28
1.2.5 Aniones .....	30
1.2.6 Sólidos disueltos en agua TDS .....	31
1.2.7 Minerales fluviales.....	31
1.2.8 Agricultura .....	33
1.2.9 Tecnologías de la agricultura.....	34
1.2.10 Insumos agrícolas .....	35

1.2.11 Estado del arte de la dosificación agrícola.....	36
1.2.12 Dosificación de insumos agrícolas.....	37
1.2.13 Importancia de la dosificación agrícolas .....	38
1.2.14 Parámetros a considerar para una dosificación agrícolas.....	39
1.2.15 Sistemas de monitoreo .....	40
1.2.16 Revisión Bibliográfica de los sistemas de monitoreo .....	41
1.2.17 Importancia de un sistema de monitoreo .....	43
1.2.18 Criterios para crear un sistema de monitoreo .....	43
1.2.19 Monitoreo de aguas fluviales .....	44
1.2.20 Elementos del sistema de monitoreo propuesto .....	45
1.2.21 Factores físicos .....	45
1.2.22 Factores lógicos .....	56
1.2.23 Metodología de microciclo ROPES.....	57
1.2.24 Técnica de caja negra .....	59
1.2.25 Encuestas.....	60
1.2.26 Entrevista.....	60
1.3 Marco Conceptual .....	60
1.4 Marco Legal .....	61
1.4.1 Leyes relacionadas con el Agua (FAO la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura).....	62
1.4.2 Leyes relacionadas con la agricultura.....	63
1.4.2.1 Ley orgánica de agrobiodiversidad, semillas y fomento de agricultura .....	63
Capítulo 2 Marco Metodológico.....	65
2.1 Enfoque Metodológico .....	66
2.2 Tipo de investigación .....	66
2.3 Método .....	67
2.4 Periodo y lugar de la investigación.....	67

2.5 Población y universo .....	68
2.6 Muestra .....	68
2.7 Operacionalización de variables de estudio .....	69
□ Variable Independiente .....	69
□ Variable dependiente .....	69
2.8 Técnica e instrumentos .....	70
2.9 Procesamiento de la información .....	70
2.10 Procedimiento de la investigación .....	71
Capítulo 3 - Análisis e interpretación de resultados .....	73
3.1 Encuesta de las técnicas de dosificación agrícola .....	74
3.2 Entrevista al gremio de la asociación de arroceros del sector el espinal.....	81
3.3 Resultados de la entrevista .....	82
3.4 Resultado de pruebas .....	83
3.4 Prueba de validación de aceptación funcional .....	91
3.5 Resultados de la encuesta de pruebas de aceptación funcional .....	93
Capítulo 4 - Implementación de propuesta Tecnológica .....	101
4.1 Compromiso / Party .....	102
4.2 Análisis.....	104
Interacción cliente y Prototipo por pantalla LCD 24x4 .....	104
Interacción cliente y prototipo con ThinkSpeak.....	105
4.2 Diseño.....	107
□ Vista de subsistemas y recursos .....	108
□ Vista de concurrencia y recursos.....	108
□ Vista de seguridad y Fiabilidad.....	109
□ Vista de distribución .....	110
- Modulo sim800L con ThinkSpeak .....	111
- LCD con Modulo I2c .....	111

- Comunicación entre Sensor NPK con modulo Rs285.....	112
- Sensor PH con Arduino .....	112
- Comunicación entre sensor TDS y Arduino .....	113
□ Vista de despliegue .....	113
4.3. Transformación .....	114
4.4 Pruebas.....	115
Conclusión .....	116
Recomendación .....	117
Bibliografía .....	118
ANEXOS .....	129
Guion de entrevista .....	129
Encuesta sobre técnicas de dosificación agrícolas.....	130
Encuesta de pruebas de aceptación funcional .....	133
Resultados de las encuestas de pruebas de efectividad .....	134
Código del sistema de monitoreo .....	137
Manual de usuario del sistema de monitoreo Versión 1.0 .....	147

## Listado de Figuras

Figura 1. Principales aniones y cationes .....	31
Figura 2. Dispositivo Arduino Mega2560.....	46
Figura 3. Sensor Tds.....	48
Figura 3 Conexión del sensor de PH .....	49
Figura 4. Modulo sim800L.....	50
Figura 5. LCD 24x4.....	51
Figura 6. Modulo I2c .....	52
Figura 8. Interfaz gráfica de ThinkSpeak.....	57
Figura 9: Detalle de las fases del micro ciclo en espiral .....	58
Figura 7: Diagrama del funcionamiento de caja negra .....	59
Figura 10. Fases del microciclo ROPES. ....	72
Figura 11 ¿Qué cantidad de cuadras de arroz tiene en producción .....	74
Figura 12. ¿Cómo considera que son sus técnicas de dosificación agrícola?.....	75
Figura 13. ¿Cómo considera que rinde su cultivo con sus técnicas de dosificación usadas en el cultivo de arroz?.....	75
Figura 14. ¿Está de acuerdo que el análisis del agua es un indicador para mejorar el proceso de dosificación agrícola?.....	76
Figura 15. Califique la calidad del agua que tiene en su sector .....	77
Figura 16. ¿La calidad del agua es un indicador clave para el análisis de dosificación agrícola?.....	77
Figura 17. ¿Sus prácticas de dosificación agrícolas se basan en cálculos, medidas de uso, mediciones, etc.? .....	78
Figura 18. ¿Lleva algún control cuando dosifica sus insumos agrícolas? .....	79
Figura 19. ¿Utiliza métodos empíricos (enseñanza de sus padres, abuelos, conocidos, etc.) de dosificación agrícola? .....	79
Figura 20. ¿Ha escuchado sobre algún sistema de monitoreo que ayude con la obtención de los minerales del agua?.....	80

Figura 21. ¿Le gustaría que hubiera un sistema que le facilite la calidad del agua para su uso en la dosificación de sus insumos agrícolas? .....	80
Figura 22. Relevancia, Interés de las funciones.....	94
Figura 23. Facilidad de uso (entorno claro y amigable).....	94
Figura 24. Facilidad de comunicación entre el sistema y cliente .....	95
Figura 25. Entornos audiovisuales (presentaciones, pantallas, letras) .....	95
Figura 26. Iconicidad, presencia de elementos gráficos.....	96
Figura 27. Calidad y estructura de elementos .....	96
Figura 28. Ejecución fiable, velocidad de acceso adecuada .....	97
Figura 29. Originalidad y uso de tecnología adecuada. ....	97
Figura 30. Interacción con el usuario .....	98
Figura 31. Estética y entorno agradable.....	98
Figura 32. Capacidad de motivación (atractivo e interés).....	99
Figura 33. Funcionalidad.....	99
Figura 34. Calidad técnica .....	100
Figura 35. Utilidad.....	100
Figura 36. Interacción Sistema y cliente.....	104
Figura 37. Interacción sistema y actor (Cliente) .....	106
Envío de datos a la nube (ThinkSpeak).....	106
Figura 38. Comunicación sensores y Arduino .....	107
Figura 39. Vista del subsistema y diagrama de conexiones.....	108
Figura 40. Esquema de concurrencia del sistema de monitoreo .....	109
Figura 41. Regulador de voltaje Step Down LM2596 .....	110
Figura 42. Diagrama eléctrico regulador LM2596 .....	110
Figura 43. Comunicación entre sim800L y ThinkSpeak .....	111
Figura 44. Conexión entre LCD y adaptador I2c .....	111
Figura 45. Comunicación entre sensor NPK y módulo de comunicación Rs485 .....	112

Figura 46. Uso y conexión de sensor PH con Arduino .....	113
Figura 47. Uso y conexión de sensor TDS con Arduino .....	113
Figura 48. Esquema del proyecto con sus sensores y recursos .....	114

## Listado de tablas

Tabla 1 Especificaciones del Arduino Mega 2560.....	46
Tabla 2. Características sensor NPK .....	55
Tabla 3. criterios de selección.....	68
Tabla 4. Operacionalización de variables.....	69
Tabla 5: Descripción de los procesos de casos de prueba .....	84
Tabla 6: Caso de prueba calibración del sensor PH .....	85
Tabla 7: Caso de prueba calibración del sensor TDS .....	86
Tabla 8: Caso de prueba envío de datos al ThinkSpeak.....	87
Tabla 9: Caso de prueba Envió de alerta por SMS. ....	88
Tabla 10: Caso de prueba calibración del sensor de NPK .....	89
Tabla 11: Caso de prueba encendido del sistema de monitoreo.....	90
Tabla 12. Criterios de evaluación de la encuesta de validación de expertos .....	91
Tabla 13. Expertos para la validación del prototipo.....	92
Tabla 14. Resultados obtenidos en la encuesta de validación de expertos .....	93
Tabla 15. Cronograma de actividades del prototipo .....	102

## Introducción

Los sistemas de monitoreo son instrumentos de gestión, responsables de proveer la información sobre el desempeño para alimentar la toma de decisiones, y generar mejoras en las intervenciones y la gestión de cualquier proceso. Estos sistemas están estrechamente ligados a los procesos de planificación y se enfocan en medir los resultados (CEPAL, 2021).

Así mismo, estos sistemas de monitoreo, tienen un gran impacto cuando es apoyado con herramientas tecnológicas, ya que gracias a ellas se tienen una forma mucho más sofisticada en medir resultados finales, de una manera eficiente gracias a sus tecnologías de procesamiento rápido y efectivo.

Por otro lado, la agricultura es un pilar fundamental para la economía ecuatoriana tanto porque simboliza el 9% del Producto Interno Bruto del País; así como también, ayuda a cumplir con la soberanía alimentaria y, representa un 26,8% de concentración de empleos por parte de la población económica del Ecuador (Fiallo, 2017).

Esta actividad agrícola es sin duda importante porque asegura el desarrollo económico del país, en especial de las familias, a corto plazo, por esta razón actualmente esta actividad cuenta con mucho apoyo de todos los ecuatorianos, así como de organismos públicos y privados.

Algo semejante ocurre con la tecnología aplicada a la agricultura, o también conocido como la agro tecnología, en donde ha tenido una gran cabida en los últimos tiempos desde la aparición de la transformación digital, desarrollando así nuevas y mejores prácticas agrícolas (Peláez, 2017).

En cuanto a la agricultura y las herramientas tecnológicas, éstas coexisten, puesto que trae consigo unos de los grandes beneficios de un agricultor, como es la facilidad de realizar las arduas tareas del campo. Se puede decir, que el uso de estas herramientas tecnológicas se está uniendo a esta actividad de manera gradual, ya que en la actualidad

se están usando en las actividades agrícolas. Inclusive, el Banco Mundial manifiesta que “el principal factor para impulsar la productividad agrícola y elevar los ingresos es la adopción de tecnologías y prácticas innovadoras por parte de los agricultores” (Banco mundial, 2019).

Aunado a esto, una buena agricultura está siempre relacionada a una correcta dosificación de insumos, ya que, a partir de ello, el cultivo se desarrolla de manera eficiente. Así lo afirma el ingeniero agrónomo Reyes del grupo de red agrícola de Perú, que la dosificación es un factor de gran importancia en vistas de eficacia para el control y uso dentro de un cultivo (Reyes, 2020).

La dosificación de insumos es la aplicación de un producto químico en una cierta cantidad específica, disuelta en el agua de riego que se obtiene a través del río, para un área de cultivo. Asimismo, estos productos ya vienen con una dosis específica para su aplicación. Sin embargo, la forma en la que se describen estas dosis genera más errores que aciertos en el uso de estos agroquímicos, lo que conlleva en la mayoría de los casos a un uso exagerado de producto, mayor contaminación ambiental, riesgo de intoxicación, alto costo de control (Reyes, 2020).

## **Planteamiento del problema**

Santa Lucía es un cantón que pertenece a la provincia del Guayas, tiene una extensión de 359 Km<sup>2</sup> y su población es de 33.3 mil habitantes aproximadamente que se reparten en 6 700 en la población urbana y 26 600 en la población rural según, el censo del INEC del año 2010 (Instituto Nacional de estadísticas y censo, 2010).

Es una zona de gran producción arrocerá, además de poseer otros diferentes tipos de cultivos dentro de toda su zona productiva. Sus terrenos son muy fértiles y permiten el cultivo de gran variedad de productos tropicales. Esto se da gracias al río Daule que atraviesa este territorio, pasando por la cabecera cantonal y todos los sectores de producción agrícola (Prefectura del Guayas, 2017).

La problemática principal que afecta al sector arrocero en el Cantón Santa Lucia son las malas prácticas de dosificación agrícolas, según la empresa Bulforza S.A realizó un estudio de ordenamiento territorial en donde considera que las malas prácticas en el Cantón se resumen al uso excesivo de los productos químicos, el cual afecta a los afluentes de río y los suelos. Estas consecuencias están descritas claramente en el libro “La primavera silenciosa” escrito por Rachel Carson en 1962, donde advierte los efectos perjudiciales del uso excesivo de estos químicos.

Paralelo a esto durante muchos años se ha venido observando que la forma de dosificar los insumos agrícolas es eminentemente empírica, sin aplicar cálculos ni medidas específicas que les puedan servir de guía para esta actividad, lo que trae como consecuencia malas prácticas que ocasionan un desperdicio excesivo del producto. En base a este criterio se puede mencionar que el abuso de estos productos químicos se viene dando desde los años 1990, dando así desequilibrios ecológicos en estas áreas.

## **Pregunta problema**

¿Cómo mejorar el proceso de dosificación de insumos agrícolas en los cultivos de arroz en el cantón Santa Lucia basándose en la calidad del agua fluviales?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Desarrollar un sistema de monitoreo de minerales en las aguas fluviales del cantón Santa Lucia para la mejora de los procesos de dosificación de insumos agrícolas en los cultivos de arroz.

## **Objetivos específicos**

- Examinar contenidos teóricos sobre la calidad de las aguas fluviales, dosificación agrícola y las herramientas tecnológicas necesarias para el desarrollo de la propuesta.
- Identificar el estado del arte sobre la dosificación de insumos agrícolas para el cultivo de arroz.
- Diseñar las componentes de un sistema de monitoreo de minerales en aguas fluviales para mejorar el análisis de dosificación de insumos agrícolas en un cultivo de arroz en el cantón Santa Lucia.
- Evaluar el funcionamiento del sistema de monitoreo propuesto por medio de un prototipo.

## **Justificación**

El cultivo del arroz es una actividad económica que ha ido creciendo a lo largo de los años y sin duda se ha convertido en una fuente de ingresos para grandes y pequeños productores en muchos países del mundo.

Por otro lado, el agua es un solvente necesario e indispensable para todas las formas de vida, especialmente en la producción agrícola que utiliza aguas subterráneas y superficiales. Según, la empresa Fertibox en el 2019 expresa con relación a esto, lo siguiente: “Los principales elementos que componen el agua de riego son los cationes, calcio, magnesio, sodio y potasio y los aniones de carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato y borato, de los que depende la calidad del agua”. (Fertibox, 2019).

Por ello la importancia de realizar un análisis de calidad del agua, debido a que por naturaleza estas traen minerales necesarios para los cultivos. Consecuentemente, es conveniente la realización de un estudio de minerales, ya que al final se podrá establecer diferentes estrategias de dosificación o tratamiento para el cultivo de arroz.

En tal sentido, este proyecto tiene como fin contribuir en diferentes aspectos, como son: lo Social, ya que busca generar un beneficio directo para los productores de Santa Lucia, debido a que se podrán realizar análisis de minerales y en base a esto poder aplicar técnicas agrícolas que regulen la calidad de las aguas para que la aplicación y asimilación de los fertilizantes de manera óptima.

En lo económico promover el ahorro de dinero y del producto, ya que al considerar los elevados costos de los insumos, se economizará mucho al lograr dosificar en cantidades mucho más exactas del producto a utilizar.

Mientras que, en el aspecto práctico el proyecto tiene mucha importancia, pues promueve el uso de herramientas tecnológicas en otros ámbitos, agilizando y automatizando ciertos procesos que muchas veces no se pueden realizar manualmente, por lo que, la utilización de estos dispositivos electrónicos y sus componentes serán de gran ayuda para realizar estos análisis de manera remota y rápida, mejorando las prácticas de dosificaciones agrícolas.

Por esta razón, mediante este trabajo de titulación se busca realizar un análisis de aguas fluviales para determinar los niveles de minerales que llegan hasta los cultivos mediante la recolección de datos, y en base a ello proporcionar una recomendación en posibles formas de mejorar la dosificación de insumos agrícolas. El estudio será realizado en el cantón Santa Lucia durante el mes de agosto a diciembre del año 2022, fundamentado con documentos técnicos y científicos, acompañado por herramientas tecnológicas. De igual forma, la ejecución del sistema de monitoreo de minerales será efectuada en el Cantón Santa Lucia del recinto el Espinal en un cultivo de arroz.

## **Alcance**

La propuesta del trabajo se realiza bajo un enfoque mixto, teniendo así un estudio cuantitativo para la evaluación de los parámetros de los minerales de la calidad del agua bajo la realización de encuesta a los arroceros del sector del Espinal del Cantón Santa Lucia y cualitativo en la justificación del prototipo mediante encuesta de validación de expertos para evaluar su funcionamiento.

Asimismo, el tipo de investigación que se tiene en el proyecto es descriptivo para recolectar toda la información en base a los hechos expuestos mediante el uso del estado del arte, tanto para el análisis de dosificación como el sistema de monitoreo. y a partir de ello realizar análisis e interpretación sobre su estudio, del mismo modo este proyecto tiene una investigación tipo exploratoria, ya que es un tema poco estudiado desde la rama de la tecnología por lo cual se realiza una revisión bibliográfica para que de esta manera proporcionar información profesional y sustentada por diferentes autores acerca de este tema de estudio.

## **Capítulo 1. Marco Teórico**

El objetivo de este capítulo es la descripción de todos los referentes teóricos que se tienen en relación con el objeto de estudio, asimismo la explicación de los elementos físicos y lógicos de los componentes del sistema de monitoreo, finalmente la descripción de la metodología de prototipo a utilizar.

## **1.1 Antecedentes**

Dentro de este apartado se presentan algunos trabajos realizados por autores de diferentes instituciones de educación superior, las cuales se relacionan con el presente estudio, como es el desarrollo de un sistema de monitoreo para el análisis de dosificación de insumos agrícolas.

En el 2021, la Universidad Autónoma de Bucaramanga desarrolló un sistema de monitoreo basado en IoT para la adquisición de datos a través de medidores especializados que permitieron la captura de variables en tiempo real mediante modelos de analíticas descriptiva, detectando anomalías en los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano. En relación con aquello, se tuvo una metodología la cual trataba de un esquema de investigación conocido como Modelo Integral para el Profesional en Ingeniería. Aunado a esto, esta investigación tuvo como resultado informar a los usuarios sobre anomalías de los datos de los parámetros de calidad del agua potable en tiempo real. Por lo tanto, esta tesis se relaciona en la metodología de análisis de datos del trabajo, ya que, dentro de la tesis, se aplicará esta serie de actividades antes mencionada, para demostrar el prototipo a presentar.

A su vez, en octubre del 2020, Daniela Cunalata estudiante de la Universidad Técnica de Ambato, realizó un “sistema electrónico de monitoreo del consumo de agua potable mediante arquitectura IOT y comunicación MQTT, en donde se analizó el consumo excesivo de agua potable en los domicilios del sector de San Vicente del cantón Ambato, enfocándose en presentar oportunamente la información que facilite el monitoreo de este recurso por parte de la empresa encargada de su distribución.

El diseño del sistema propuesto se basa en un sensor de caudal que mide la afluencia de agua potable que una vivienda utiliza en sus actividades cotidianas, en base

al valor que el medidor marca al iniciar el día, se consigue determinar el consumo diario. De esta manera, los resultados de este proyecto, permitieron que el dueño del domicilio considere posibles fugas de agua en su domicilio en caso de que los valores monitorizados por el sistema se alejen demasiado a los que brinda el medidor instalado y los pueda solucionar de manera oportuna. Finalmente, esta tesis tiene se relaciona con la propuesta tecnológica, en su diseño de construcción del prototipado del sistema de monitoreo de las aguas.

En enero del 2015, María Tirado Gavilanes titulado de Ingeniero en electrónica y comunicaciones en la Universidad Técnica de Ambato, realizó una herramienta que permita medir los niveles de pH, oxígeno disuelto y potencial de óxido reducción del agua ayudando a las personas encargadas del manejo de los recursos hídricos a mejorar el nivel de vida. El sistema construido está formado por diferentes sensores los cuales muestrean la información y la transmiten inalámbricamente a través de módulos XBee hacia una PC donde se visualiza la información recibida para su posterior análisis.

Se empleó la investigación experimental para realizar el diseño de los circuitos electrónicos requeridos para el sistema de monitoreo del prototipo, y las pruebas de funcionamiento para validar que el sensor y todas las etapas del sistema a implementarse sean adecuadas. Finalmente, este proyecto se relaciona en la parte de infraestructura en cuanto a la comunicación entre los sensores, el sitio web y el sistema.

Por otra parte, Sandra Niveló autora de la tesis “Monitoreo de la calidad del agua en San Cristóbal, Galápagos” desarrollo en enero del 2015, un prototipado a base de sensores para la medición de parámetros químicos que facilite el análisis calidad de agua en la provincia de Galápagos, teniendo como resultado el nivel de calidad del agua, y de tolerabilidad del consumo de la misma. Por otro lado, la metodología que utilizó fue analítica, recogiendo muestras de manera semanal para medir la calidad del agua, y de esta manera llevar un control y al final tomar una decisión en base a los parámetros obtenidos, si el agua estaba acta o no para el consumo. Finalmente, la relación que tiene este trabajo, fue el proceso de medición de diferentes parámetros para medir la calidad del agua.

## 1.2 Referentes teóricos

### 1.2.1 El agua

El agua, es un elemento necesario para la vida. A través del ciclo hidrológico, la misma establece el balance hídrico mediante la aplicación del principio de conservación de masas con respecto al flujo del agua (Peñafiel, 2014). Este recurso natural, está destinado para la subsistencia de la humanidad, mediante diferentes actividades. Sin embargo, con el pasar del tiempo, las actividades realizadas por el hombre, han limitado el uso de este recurso, debido a los altos niveles de contaminación que presentan las aguas, a lo que se agrega, las actividades propias que genera el agua, como la erosión, sedimentación y transporte, aspectos que pueden alterar la calidad del agua, incluso en su totalidad (Ramírez, 2011).

En tal sentido, y dada la necesidad inminente del agua para subsistir, el hombre ha buscado la manera de establecerse cerca de las fuentes de agua, lo que ha originado contaminación a la misma por descargas directas de aguas residuales, debido al crecimiento de las poblaciones, y las labores de minería que los mismos suelen realizar.

Con respecto a esto, vale acotar que la contaminación del agua de origen urbano, se asocia a la producción de lixiviados, los que se infiltran en el suelo y provocan incremento en la mineralización, olores desagradables y coloración del agua, demanda bioquímica de oxígenos, entre otros. En cambio, la contaminación por descarga de aguas residuales, se puede agrupar en tres tipos de contaminantes a saber: contaminantes químicos como el nitrógeno en todas sus formas, fósforo, cationes tóxicos y productos tóxicos activos; contaminantes físicos: sólidos en suspensión y contaminantes microbiológicos: los organismos patógenos presentes en el agua (Peñafiel, 2014).

### 1.2.2 Calidad del agua

El agua que se utiliza con fines agrícolas tiene importantes efectos sobre la producción agrícola, pero también sobre el deterioro químico que se produce en el suelo. En las aguas naturales, que se toma para riego, pueden presentarse agentes contaminantes de naturaleza inorgánica, especialmente fertilizantes y metales pesados, los cuales tienen importancia por su toxicidad para los organismos vivos; además, el agua superficial a medida que circula por la corteza terrestre arrastra y disuelve minerales, gases, compuestos orgánicos, microorganismos, entre otros (Millán, 2016).

En aguas cuyo destino es el uso agrícola la calidad es definida por la concentración de iones específicos  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  y  $\text{K}^{+}$  como cationes;  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  como aniones, y otros de menor proporción, como el  $\text{B}^{3+}$  y  $\text{NO}_3^{-}$  (Amaya, 2015), la conductividad eléctrica (CE) también es útil para determinar la concentración total de sales solubles. La CE y el  $\text{Na}^{+}$  son dos parámetros fundamentales que definen la aptitud del agua para riego. El alto contenido de sales en el agua de irrigación genera un aumento de la presión osmótica en la solución del suelo, disminuyendo la adsorción de agua por parte de las plantas. Las sales, además de afectar directamente el crecimiento de las plantas, afectan la constitución del suelo, su permeabilidad y estructura, afectando indirectamente el crecimiento de la planta (Gómez, 2009).

### 1.2.3 Tipos de minerales del agua

Las aguas naturales, bien sean superficiales o subterráneas, presentan unas características determinadas que han sido compatibles con la vida vegetal y animal a lo largo de los siglos. La progresiva contaminación debida a la industria, la agricultura o a las aglomeraciones urbanas, cambia sustancialmente las propiedades del agua y comporta un nivel de exigencia cada vez mayor en los sistemas de control.

A pesar de la gran variabilidad de los elementos presentes en el agua y de la de sus concentraciones, éstos han sido clasificados completando la clasificación de Freeze

and Cherry (1979), por su frecuencia de aparición y valor de concentración decreciente en:

- Constituyentes mayoritarios o fundamentales

Aniones:  $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_4^-)$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$   $\text{NO}_3^-$ .

Cationes:  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$

Otros:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{SiO}_4\text{H}$ , o  $\text{SiO}_2$

- Constituyentes minoritarios o secundarios

Aniones:  $\text{F}^-$ ,  $\text{S}^{--}$ ,  $\text{SH}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ ,  $\text{B}_3\text{O}_3^-$

Cationes.  $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Sr}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$

Constituyentes traza:  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{Ti}^{+4}$ ,  $\text{Co}^{++}$ ,  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Pb}^{++}$ ,  $\text{Ni}^{++}$ ,  $\text{Cr}^{+++}$ , entre otros

Debe tenerse en cuenta sin embargo que, en condiciones particulares un constituyente minoritario puede alcanzar rangos de concentración que permitan incluirlo dentro de los mayoritarios (Ramírez, 2011)

#### 1.2.4 Criterios de medición del agua

Los criterios o parámetros de calidad del agua, son los que miden la ausencia (o mejor dicho un rango determinado controlado) de contaminantes. Estos parámetros a controlar son, al menos:

*Color*: El agua pura no tiene color, es totalmente incolora. De esta manera, cualquier tipo de coloración en el agua indica contaminación, generalmente por materiales ajenos al sistema, y se suele deber a un material suspendido y/o a uno disuelto. El color provocado por un material suspendido se denomina color aparente, mientras que el que produce un material disuelto, incluso después de haber eliminado el material suspendido se conoce como color verdadero o real. El color del agua se mide en el laboratorio mediante comparación visual o por método espectrofotométrico.

*Turbidez:* El agua pura es clara y no absorbe la luz. Así, si existe turbidez en el agua es que hay contaminación. La turbidez en el agua se produce cuando hay materiales sólidos en suspensión o disueltos o cargas microbianas, aunque existen diferencias entre ellos en su capacidad de absorber la luz. Generalmente, se considera el agua turbia no apta para el consumo, dado que diversos materiales responsables de la turbidez pueden ser tóxicos o crear las condiciones óptimas para productos químicos tóxicos, por lo que, a su vez, cuanto más inocua es el agua, menos turbidez suele presentar.

*Olor y sabor:* Cuando el agua es pura, es insípida e inodora (no tiene sabor ni olor). Por lo tanto, si puede percibirse algún tipo de sabor u olor, existe contaminación en el agua. El sabor y el olor del agua pueden explicarse por causas naturales o artificiales. Las artificiales suelen estar relacionadas con el proceso de desinfección (cloración), de ahí que se perciba que el agua de una zona de una ciudad tiene un sabor distinto a la de otra. Sin embargo, existen causas naturales para el sabor y el olor, como la acción de algunas impurezas naturales disueltas en el agua. Algunos compuestos que dan sabor y olor al agua pueden ser tóxicos, por lo que es imprescindible que el agua potable tenga el menor sabor y olor posible.

*Amonio:* El amonio está presente de forma natural en el agua, proveniente de la descomposición de materia orgánica (proteínas, aminoácidos...), así como de los procesos de desinfección del agua con cloramina. Al oxidarse primero en nitrito y luego en nitrato (de los que hablaremos a continuación), medir el amonio y estos dos elementos permite predecir cuánto tarda en contaminarse el agua con materia orgánica: cuando la concentración por amonio es más elevada que la del nitrito y el nitrato, la contaminación con materia orgánica ha sido reciente.

*Conductividad:* El agua pura tiene un nivel de conductividad (habilidad de conducir corriente eléctrica) muy baja (por ejemplo, el agua destilada tiene un nivel de conductividad de 1  $\mu\text{mho}$ ). La conductividad en el agua puede estar causada por la presencia de metales como hierro y aluminio (iones con carga positiva) o compuestos inorgánicos como nitrato, sulfato y fosfato. De ahí que el agua del mar tenga una

conductividad un millón de veces mayor que la dulce, ya que las sales presentes en ella se disocian en iones. Se mide en micromhos.

*pH*: El pH es la medida que determina la concentración de iones de hidrógeno en el agua. El agua pura suele tener un pH que oscila entre un 6,5 y un 8. Por debajo de 7 se considera ácida, pero no por ello deja de ser potable, a no ser que llegue a niveles inferiores a 5,5, generalmente por la presencia de metales en disolución por vertidos industriales o pesticidas o purines, o incluso por causas naturales, como la lluvia ácida, los microbios en el suelo, las raíces de los árboles o las formaciones rocosas como la pirita. El agua alcalina es la que tiene un pH por encima de 7, y puede producirse de forma natural al pasar sobre rocas y recoger minerales, como ocurre en algunos manantiales, o artificialmente por electrólisis. Hay quien afirma que el agua alcalina es beneficiosa para la salud porque neutraliza la acidez en sangre, pero no hay estudios concluyentes que respalden esta aseveración.

### 1.2.5 Aniones

Los fertilizantes son sales minerales más o menos solubles, cuya parte soluble, en contacto con el agua, se encuentra disociada a dos iones. En el suelo no hay sales, sino aniones y cationes. Los aniones poseen una o varias cargas de electricidad negativa. Los cationes, tienen una o varias cargas de electricidad positiva (Alvarado, 2019).

En la solución del suelo se encuentran, simultáneamente, aniones y cationes que provienen de las principales sales disueltas. Los principales aniones y cationes se los puede visualizar en la figura 1.

**Figura 1.** Principales aniones y cationes

CATIONES	ANIONES
Ca <sup>++</sup> Calcio Mg <sup>++</sup> Magnesio K <sup>+</sup> Potasio NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Amonio Na <sup>+</sup> Sodio Todos los microelementos H <sup>+</sup> Hidrógeno	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> Fosfato SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Sulfato CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Carbonato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Nitrato Cl <sup>-</sup> Cloruro

Nota: (Alvarado, 2019). <https://www.fertibox.net/single-post/quimica-agricola>

### 1.2.6 Sólidos disueltos en agua TDS

Los TDS son los sólidos disueltos en aguas subterráneas, superficiales y aguas residuales, efluentes urbanas y agrícolas. Estos sólidos o sales son arrastrados de las lluvias hasta los suministros de aguas, estas concentraciones de sólidos son representadas en la terminología mg/L (Miligramo por litro) (Carbotecnia, 2021).

Asimismo, los sólidos es toda aquella materia que se encuentra en el agua, son partículas finas de tierra u otras sustancias que se encuentran en el agua, pueden de diferentes tipos de composición química que no se ven ni se sienten al estar en su estado puro (Aguas Residuales.info, 2016).

Existen diversas formas de sólidos: suspendidos volátiles, suspendidos, disueltos, disueltos volátiles y sedimentables que indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico e inorgánico. A partir de los cuales se establecen relaciones con la DBO y DQO, color, turbiedad (Ramírez, 2011).

### 1.2.7 Minerales fluviales

Los minerales son sustancias naturales que se diferencian del resto de los componentes de la naturaleza, por su origen inorgánico, composición química

preestablecida, homogeneidad y que normalmente presentan una estructura de cristal. Entre sus funciones se encuentran, ser esenciales para la conservación de la salud de los seres vivos, ya que su presencia resulta determinante para las actividades celulares de los organismos vivos (Vasallo, 2008).

En la tierra, toda la corteza y el manto terrestre están formadas por materia mineral, es decir, por rocas de distinta naturaleza y estado físico, en función de las condiciones fisicoquímicas que se encuentran en la tierra. Los minerales son compuestos químicos naturales, en su mayoría cristalinos, cuyos agregados forman los tres grandes tipos de rocas: ígneas, metamórficas y sedimentarias. Las rocas a su vez se definen como cualquier masa sólida de materia mineral como parte del planeta. Algunas rocas están compuestas casi por completo de un solo mineral.

Ahora bien, el agua es un elemento natural de mayor presencia en la tierra y los procesos naturales, conducen a la concentración de minerales por toda la tierra, incluso en las aguas de mares y de ríos, estos últimos al concentrarse en los ríos por diversos procesos dan paso a la composición y agrupación de los minerales de mayor presencia en las aguas de ríos, dando como resultado la concentración de minerales. Dentro de los procesos que contribuyen a la formación de estos minerales en las aguas de ríos, Vasallo (2008) menciona los siguientes:

1. Deposición de sales y minerales de la evaporación de lagos y agua de mar (por ejemplo, depósitos de sal, nitrato y potasa).

2. Deposición química antigua del océano de minerales en el lecho marino. Por ejemplo, el hierro se depositó en capas en el fondo del mar hace miles de millones de años como el óxido mineral hematita. Hoy en día, estas capas de roca de hierro rica se llaman formaciones de hierro con bandas y son una fuente importante de mineral de hierro en Australia, Canadá y Brasil.

3. La erosión simple de las rocas puede dejar un residuo de suelo oxidado de minerales metálicos concentrados. En ambientes tropicales, las rocas que no tienen suficiente metal para ser extraídas se desgastan en un suelo llamado regolito o laterita.

Los óxidos de aluminio y níquel se pueden concentrar porque otros elementos se han eliminado como parte del proceso a la intemperie. Los países tropicales cosechan las recompensas de su clima al proporcionar al mundo su roca rica en aluminio erosionada llamada bauxita, la fuente mundial de aluminio. Los depósitos de laterita de níquel también se forman por la intemperie y proporcionan gran parte del níquel del mundo.

4. Los yacimientos minerales aluviales están formados por los estragos de la intemperie en la tierra. Ejemplo de esto, son los sedimentos del Himalaya que están siendo arrastrados y nivelados a un ritmo de 1 kilómetro de elevación cada millón de años. Las rocas que contienen minerales metálicos se degradan por este desgaste, se erosionan y se transportan como partículas de granito, grava y arena en arroyos y ríos. Los minerales más pesados como el oro, platino, estaño y uranio se depositan en el fondo de las corrientes y ríos donde se concentran.

Todos estos procesos contribuyen de alguna forma a la presencia de los minerales en las aguas de los ríos, los cuales pueden llegar a concentraciones tan elevadas derivadas de las prácticas mineras del hombre, llegando a encontrarse en niveles peligrosos para los seres humanos, lo que hace necesario poder monitorear la presencia de los mismos en las aguas que se utilizan para la agricultura, pues de esta manera se pueden prevenir riesgos de salud para los consumidores de los productos que se derivan de la agricultura.

### **1.2.8 Agricultura**

Se define la agricultura como el cultivo o labranza de la tierra, donde se incorporan todos los trabajos relacionados con el tratamiento del suelo y plantación de vegetales. Estas actividades están destinadas a la producción y obtención de alimentos. Implica la transformación del medio ambiente para satisfacer las necesidades del ser humano. Existen muchos tipos de agricultura entre los que destacan la de secano, que se realiza sin agua pues la tierra aprovecha sus aguas subterráneas y la de la lluvia, y la de regadío, en la que el agricultor sí añade agua al terreno (Sarandón, 2020).

En la actualidad, los trabajadores agrícolas hacen uso de la tecnología y de la ingeniería genética para mejorar la productividad del suelo y de los cultivos. Incluso la ciencia ha logrado que las semillas sean más resistentes a las plagas y puedan adaptarse a distintos climas y suelos (FAO, 2008).

### **1.2.9 Tecnologías de la agricultura**

Se denomina tecnología agrícola a la investigación, desarrollo e innovación que se lleva a cabo en el sector agrónomo. La misma tiene como meta, mejorar la agricultura y similares, en términos de eficiencia, efectividad y eficacia, por lo que la tecnología será útil, solo si existe un valor añadido. Es una de las que ha tenido mayor impacto en la realidad, a pesar de haberse desarrollado más tarde comparada con otros campos del sector primario (Llamas, 2021).

En la actualidad la tecnología está presente en todos los sectores, incluido el sector agrícola, donde se ha desarrollado de forma vertiginosa, convirtiéndose en una aliada para los productores agrícolas. Existen muchas herramientas tecnológicas que los agricultores pueden utilizar, se mencionarán a continuación, algunas de las que se han utilizado con mayor frecuencia en diferentes países:

1. Aplicaciones agrícolas: dirigidas a aparatos móviles, han tenido desde su aparición un papel importante en los sistemas de riego. Tienen la ventaja de poder registrar información en dispositivos móviles (teléfonos) logrando que la misma esté accesible en tiempo real, lista para ser consultada cuando se necesite.

2. Sensores para agricultura: permiten conocer en tiempo real el estado de las parcelas siempre que se necesite, pudiendo analizar la información y tomar mejores decisiones para optimizar mejor los recursos. Gracias a los sensores se puede llegar a obtener información sobre la temperatura del suelo, humedad, estado hídrico del cultivo, entre otros.

3. Tecnologías agrícolas con técnica láser: esta herramienta sirve para detectar el momento ideal para cosechar, sin dañar el cultivo y sin tener que confiar en la propia vista. Con ella se puede llegar a recolectar el producto en el momento justo.

4. Drones agrícolas: permiten recolectar información de los cultivos sobre: a) estado de vigor del cultivo; b) estado hídrico para detectar deficiencias de riego; c) Detectar posibles plagas que están afectando una zona determinada de la explotación. Estos drones también se pueden utilizar para hacer tratamientos con fumigación desde el aire.

5. Robots agrícolas: son robots diseñados con inteligencia artificial, lo que les permite recolectar solo la fruta que está madura. La empresa Agronauta, ha desarrollado un robot usado para el cultivo intensivo de tomate de rama. Es uno de los modelos más sencillos (Calvo, 2020).

### **1.2.10 Insumos agrícolas**

Los insumos agrícolas suelen definirse como los elementos que son necesarios para el control de plagas, prevención y tratamientos de enfermedades en los cultivos agrícolas. Lo que implica que son productos orientados al uso agropecuario para controlar la sanidad y calidad de los productos agrícolas.

Estos insumos para los cultivos, están representados por los fertilizantes y enmiendas al suelo, para el control de malezas, plagas y enfermedades, es decir, son herramientas para el manejo del cultivo y su producción. Dentro de ellos se encuentran: fertilizantes, enmiendas, plaguicidas, semillas, agentes de control biológico, fungicidas e insecticidas. Se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Fertilizantes y agroquímicos.
- Semillas y materiales para la siembra.
- Productos para la limpieza y desinfección.
- Maquinaria y equipos.

### **1.2.11 Estado del arte de la dosificación agrícola**

El estado del arte es definido desde la perspectiva de Guevara Patiño (2016), como “una investigación documental que se realiza para reconstruir la teoría en las investigaciones aplicadas, con la finalidad de interrelacionar con otras apuestas explicativas” (p. 168). Esta tiene un interés específico para el investigador o la comunidad científica, ya que permite actualizar el conocimiento existente sobre el tema que es investigado. En el caso de esta investigación, el estado del arte que sustenta la dosificación agrícola se presenta de forma cronológica como sigue a continuación:

El paso de una vida nómada a una vida sedentaria fue el origen de la agricultura, ya que los nómadas vivían básicamente de la caza y la recolección. Así se descubrió la agricultura. Gracias a esto, se crearon las condiciones ideales para la formación de Primeras Naciones y la creación de un sistema alimentario basado en la racionalización (Bolaños, 2021).

La agricultura fue inventada por las mujeres. Está registrado que solo las mujeres embarazadas y las que tienen niños pequeños no van a cazar. En cambio, son responsables de recolectar frutas, granos y raíces. La historia de la agricultura comienza con el conocimiento de que, si una semilla cae, brotará. Entonces se les ocurrió la idea de plantar algunas semillas para obtener más plantas. Estas en base a abonos orgánicos que estas mismas personas creaban para el cultivo. Hoy en día, la agricultura está muy diversificada teniendo así tipos como: Cereales, Hortalizas, Frutales, Tubérculos y arroz. Además, es uno de los principales sectores de la industria primaria y una fuente de sustento para la mayoría de la población mundial (Bolaños, 2021).

En relación a esto, la agricultura depende intrínsecamente de los procesos de dosificación o fertilización agrícolas con la aplicación de fertilizantes, insecticidas y fungicidas, la reparación de suelos, el análisis de productos agrícolas, etc. Si bien estas sustancias son necesarias en muchos casos, el desarrollo de actividades agrícolas sostenibles requiere encontrar alternativas a estos productos (Bolaños, 2021).

La dosificación agrícola es un factor importante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) para tener una alta productividad. La reacción de esta fertilización dependerá del clima, la fertilidad del suelo, el control de plagas, manejo de enfermedades y agua. para obtener el consumo total nutrientes para los cultivos, es necesario estimar la cantidad requerida de nutrientes para alcanzar una determinada productividad. Está diseñado para lograr una cierta productividad. Esto se logra comparando el consumo y comparando el consumo se añade la cantidad presente en el suelo, determinando así la cantidad de nutrientes necesarios para alcanzar los objetivos de productividad (Barahona, et al. 2019).

Los abonos orgánicos se consideran comunes porque contienen casi todos los nutrientes que necesita una planta para su desarrollo. Los fertilizantes orgánicos pueden ser calificados como uno de los mejores fertilizantes Una alternativa a la sostenibilidad de los recursos de la tierra, por lo que utiliza ayuda a aumentar la producción y el procesamiento de alimentos orgánicos. (Montsee, 2016). El uso de productos orgánicos en el cultivo del arroz, ya sea fertilizante, Los fungicidas, etc. son antiguos, por lo que la experiencia combinada El aprovechamiento de los recursos ancestrales, tecnológicos y naturales es, Por lo tanto, los desafíos para los agricultores han llevado a cambios en ellos. Tradiciones, elaboración productos según tradiciones y elaboración de productos según su demanda (Morán, 2016).

El cultivo absorbe alrededor del 75% de N y P, pero el 10% de K permanece en el interior. El grano, el resto permanece en la paja, que finalmente se devuelve al suelo y en el agua”

### **1.2.12 Dosificación de insumos agrícolas**

Los insumos agrícolas, se utilizan en la producción agrícola para el control de plagas y el tratamiento de enfermedades, por lo que se puede inferir que son muy

positivos para el desarrollo de los cultivos y para contribuir a la restauración de los nutrientes que el suelo ha perdido (Abarca & Torres, 2018).

En atención a esta idea, es oportuno comentar que la dosificación correcta de algún tipo de insumo, como los plaguicidas, son factores de gran relevancia en la eficacia y el control de la producción. Bajo esta premisa la mayoría de los insumos agrícolas y demás productos del mercado, suelen traer la dosis aproximada de administración en la etiqueta del producto, sin embargo, en algunos lugares ha generado más desatinos que aciertos, en el uso de los mismos, propiciando en la mayoría de los casos usos exagerados del producto, dando como resultado un deterioro constante del medio ambiente, trayendo a cabo mayor contaminación a los suelo, mayor riesgo de intoxicación y probabilidad de resistencia del agente patógeno o plago en menor plazo, por lo que es muy importante, prestar atención a las dosis correctas de aplicación de los insumos agrícolas, para lograr mejores prácticas y efectividad del producto empleado (Abarca & Torres, 2018).

### **1.2.13 Importancia de la dosificación agrícolas**

El correcto manejo fitosanitario de los cultivos, tiene relevancia para el agricultor, tanto en lo económico como en el nivel de aceptación que tengan por parte de quienes los consumen. En el cultivo del arroz y demás rubros agrícolas, la dosis de uso de los productos químicos es de relevancia, ya que implica incidencia de muchos factores y condiciones para llegar a obtener los resultados que se necesitan con la aplicación (Moreno y Peña, 2021).

Además de la debida calibración de equipos y de un estricto proceso para establecer la cantidad de producto y de agua a rociar, se deben considerar también otros factores y condiciones que inciden en la eficacia y el control del manejo de los mismos. La dosis de aplicación se calcula, sobre la base de fumigación del área a cubrir y normalmente se expresa en kilogramos o litros de ingrediente activo o producto comercial

por hectárea. La concentración puede variar según el volumen de agua utilizado para la dosificación, por tanto, el efecto de una misma cantidad de activo en una misma área puede variar según la cantidad de agua que se utilice. De allí la importancia de realizar debidamente los cálculos de las dosis y del agua necesaria para cubrir el cultivo (Moreno y Peña, 2021).

#### **1.2.14 Parámetros a considerar para una dosificación agrícolas**

Existen muchos parámetros que se deben considerar al momento de establecer la dosificación de los insumos agrícolas que se utilizan en una siembra. Esto considerando que en la aplicación de agroquímicos intervienen muchos factores dentro de los cuales se pueden mencionar:

1. Los factores de tecnificación del cultivo: se relacionan directamente con los equipos de aplicación, el mantenimiento de los mismos, calibración, entre otros aspectos por parte de la persona que manipula el equipo. El tipo de aplicación (aérea o terrestre), el tipo de elementos utilizados (bombas de espalda, entre otros) tipo de boquillas, entre otros aspectos que se deben considerar al momento de hacer cualquier aspersión. Preferiblemente las aplicaciones deben ser estandarizadas y calibradas antes de realizar la aplicación.

2. Factores ambientales: son primordiales en la adecuada deposición y concentración del ingrediente activo en el cultivo, ya que durante la aspersión suelen producirse mayores pérdidas por temperatura y humedad relativa del ambiente, lo que puede favorecer o no la evaporación de la mezcla asperjada.

3. Características específicas del cultivo: deben considerarse tanto las características anatómicas (tamaño, arquitectura de las hojas y otros) como las características fisiológicas, requerimientos nutricionales e hídricos, tipos de plagas entre otros.

4. Calidad de las aguas: esta incide directamente en la eficacia de las aspersiones. Debe revisarse la dureza del agua (contenido de iones, magnesio y calcio) que puedan alterar los cambios en la estructura molecular de los ingredientes activos,

cambiando la configuración molecular y generando la pérdida de la eficacia (Moreno A. , 2016).

### **1.2.15 Sistemas de monitoreo**

Un sistema de monitoreo es aquel conjunto de herramientas tecnológicas usadas para la evaluación periódica de un trabajo o proyecto. Asimismo, es un mecanismo de verificación de progreso creado para la medición de resultados establecidos dentro de los límites de tiempo como se menciona en el diseño del proyecto (Valdés, 2019).

El monitoreo, es el resultado de la supervisión, control o monitoreo que se realiza a través de un monitor. Es decir, que, por extensión, puede ser cualquier acción que implique control o supervisión y que va más allá de la simple utilización del monitor. A grandes rasgos, consiste en la observación del curso de uno o más medidas para detectar la posibilidad de existencia de anomalías en el proceso aplicado (Barreto, 2010).

En el contexto de la temática de este estudio, el monitoreo se asocia al control del ambiente, para recolectar información referida en este caso a la contaminación por minerales en las aguas fluviales y los niveles que presentan para poder dosificar la aplicación de insumos agrícolas. Es decir, el monitoreo ambiental consiste en la observación del medio ambiente para recoger información relacionada con la contaminación. Por lo general se establecen estaciones fijas que registran a diario los niveles de agentes extraños que se encargan de tareas tales como la vigilancia y la inspección de diversas zonas. Normalmente, el monitoreo se orienta hacia la consecución de las actividades en referencia a cómo, dónde y cuándo se ejecutan y quiénes se benefician (Pérez Porto & Gardey, 2010).

### **1.2.16 Revisión Bibliográfica de los sistemas de monitoreo**

Por medio de esta revisión bibliográfica tiene como objetivo presentar un estudio bibliográfico de los diferentes trabajos o investigaciones ya realizadas acerca de los sistemas de monitoreo con el fin de acoger ideas que aportan sobre estos sistemas y en base a ello, levantar los requerimientos funcionales del prototipo. Esta información se lleva a cabo por medio del repositorio técnico de la universidad de Ambato, la politécnica salesiana, y de la universidad piloto de Colombia, Editorial Nová Angora, Biblioteca IEEEExplore entre los años 2015 al 2020.

A continuación, se presentan los diferentes proyectos, investigaciones ya realizadas acerca de los sistemas de monitoreo de la calidad del agua:

En el 2018 Yan-Ting Liu desarrollo un sistema de monitoreo, denominado Water Quality Monitoring system. el cual monitoreaba, la temperatura, turbidez, la conductividad y el PH. Utilizando un protocolo de comunicación denominado LoraWan protocolo usado en proyecto de lot (Liu et al., 2018).

En "Control de calidad del agua con sensores inteligentes en piscifactorías de Irán" (Libelium, 2018), los valores monitoreados son: temperatura, oxígeno disuelto, pH, amonio y nitrito. Los paneles solares se utilizan para alimentar los dispositivos, lo que proporciona energía ininterrumpida y también un protocolo de comunicación LoraWAN donde la puerta de enlace de la arquitectura se conecta al servidor web a través de la comunicación móvil 3G.

En Control y monitoreo de algas con MPC-Buoy (Sonic, 2020), desarrolló un sistema flotante mide parámetros clave de algas (clorofila-a, ficocianina y turbidez) y parámetros del agua (oxígeno disuelto, pH y temperatura). El mencionado sistema funciona con paneles solares y los datos recopilados se enviarán en tiempo real a través de una conexión celular 2G.

Por otro lado, en Indonesia del 2019, (Nourma et al., 2019) Utilizaron un sensor multiparamétrico llamado YSI 600R el cual les permitía medir la conductividad, la salinidad, el PH y todos los sólidos disueltos. Este sensor estaba alimentado por 12v la

misma tenía algunos parámetros de conexión que se daba a través del celular por la red 4G o wifi para monitorear los datos en tiempo real.

Por consiguiente, en el 2018 en el país de Indonesia (Niswar et al., 2018) se creó un sistema de monitoreo de la calidad del agua para llevar a cabo un análisis de cría de cangrejos de caparazón blanco, mediante el uso de sensores como PH, salinidad y temperatura. Su recolección de datos se basa en un protocolo de comunicación por medio de LoraWan en donde es alimentada por un panel solar y una fuente de alimentación de 12V.

En el 2020, Silva & Coello (Silva y Coello, 2020) desarrollaron un trabajo de titulación denominado diseño e implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real de sensores de temperatura, turbidez, tds y ph para la calidad del agua utilizando la tecnología lorawan. El prototipo sería capaz de medir parámetros básicos presentes en el agua, algunos de los cuales son muy importantes para el consumo humano. Así mismo al trabajar con IOT le permitía enviar y visualizar la información desde cualquier parte.

Asimismo, en el 2018 Angee Arévalo desarrolló en Bogotá- Colombia un prototipo de un sistema de monitoreo de calidad del agua subterránea en instalaciones de captación de una localidad rural del municipio de Tabaná. Por ello en este proyecto se realizó la investigación de los parámetros que determinan de la calidad del agua, los tipos de instalaciones de captación de aguas subterráneas, con el fin de diseñar un prototipo que permita realizar la medición de pH, turbidez y temperatura en pozos, aljibes o manantiales que se encuentren en la zona rural del municipio de Tibaná Boyacá y que comúnmente son usados por la comunidad campesina para su consumo, el de sus animales o el riego de sus cultivos, pero que actualmente no tienen ningún método de supervisión, control o alerta y esto puede ocasionar problemas de salud o grandes pérdidas de alimentos (Arévalo, 2018).

Finalmente en lo que respecta a la revisión bibliográfica se pudo observar que los sistemas de monitoreo se basan mediante una medición de 4 factores, el cual son la conductividad, PH, temperatura y sólidos (TDS). Es importante recalcar que en los proyectos presentados, siempre aparecían estos parámetros de medición y como segundo plano de medición tenían, la oxigenación del agua, turbidez y salinidad. Del

mismo modo se concluyo que la medicion de la calidad del agua la asociaban a un protocolo de comunicaci3n para poder observar los datos en tiempo real con el uso del internet (lot).

### **1.2.17 Importancia de un sistema de monitoreo**

Se sabe que los sistemas de monitoreo permiten la recopilaci3n y el an3lisis sistem3ticos de datos e informaci3n para identificar signos de cambio en relaci3n con las l3neas de base, y son importantes en este sentido en base a los siguientes puntos seg3n Asencio y Saavedra:

- Dar cuenta de los progresos o comprobaci3n de resultados
- Saber qu3 funciona bien y d3nde es necesario realizar adaptaciones
- Tomar decisiones estrat3gicas sobre la base de datos de monitoreo
- Impulsar di3logos sobre la estrategia que se aplica y la planeaci3n operativa con los involucrados
- Contar con una base de datos para una medici3n confiable

Todos estos aspectos son la base para entender si el sistema en uso logra sus objetivos o falla, si tiene debilidades donde se pueden corregir, y para ello el sistema debe proporcionar informaci3n valiosa sobre las intervenciones del sistema y sus resultados.

### **1.2.18 Criterios para crear un sistema de monitoreo**

Para el desarrollo de un sistema de monitoreo, es importante seg3n Asencio y Saavedra (2021) cumplir una serie de pasos a saber:

1. Revisar objetivos, resultados y actividades del sistema
2. Seleccionar y priorizar los indicadores del sistema

3. Desglosar indicadores y elaborar la hoja de vida
4. Obtener datos mediante el levantamiento de información
5. Procesar la información
6. Documentar y socializar la información

En otro orden de ideas, Leisher et al., (2016) destaca que, para la creación de un sistema de monitoreo, es importante la elaboración del plan y su evaluación. La elaboración del plan va a permitir la definición de los posibles cambios, desarrollar teorías sobre el cambio, elegir una técnica de evaluación adecuada y la selección de indicadores o bloques de construcción que permitirán la esquematización de dicho plan. Es importante que este plan documente las opciones realizadas, así como la actualización periódica del mismo, para visualizar lo que funciona y corregir lo que no funciona.

### **1.2.19 Monitoreo de aguas fluviales**

Las aguas fluviales o aguas de ríos, constituyen uno de los agentes erosivos de mayor magnitud, ya que las aguas continentales fluyen en su mayoría, en forma de ríos que circulan sobre la superficie o en corrientes subterráneas, erosionando los materiales por donde corren y llevando consigo los sedimentos hacia partes más bajas del relieve (Soto et al., 2019). En este recorrido, el agua va arrastrando agentes contaminantes, produciéndose lo que se conoce como contaminación hídrica y va perdiendo su calidad e introduciendo en su composición, nuevas sustancias que generan cambios en el medio ambiente al contaminarlo y perjudicar a los seres vivos.

De manera general, se debe destacar que la contaminación hídrica en su mayoría, es producida por actividades humanas, como la industrialización y el consumo sin control de la sociedad, que van generando residuos que contaminan el ambiente, en especial el agua, al producir desechos que no son tratados de forma adecuada, y traen como consecuencia altos niveles de contaminación, los cuales, al contaminar el agua, contaminan también los cultivos agrícolas donde se usa para riego. Es por esto que, el

monitoreo de las aguas fluviales es importante porque se deben conocer los niveles de contaminación y de los minerales que contiene para poder establecer la forma de equilibrar los mismos mediante la adición dosificada de los minerales que se requieren para producir los distintos rubros agrícolas (Castillo, 2012).

Es por esto que, en el país se ha intentado un mejor manejo de las cuencas hídricas, para que puedan abastecer de agua tanto las necesidades humanas como para las actividades productivas, en especial las agrícolas. Para esto se plantea la realización de monitoreo que abarquen todos los componentes que influyen en la calidad del agua, como las variables físico-químicas, que muestran las condiciones específicas en que se encuentran las aguas de los ríos y permite detallar variaciones químicas o físicas puntuales, a fin de conocer los materiales que las componen y en qué cantidades se encuentran presentes (De la Paz, 2012).

### **1.2.20 Elementos del sistema de monitoreo propuesto**

#### **1.2.21 Factores físicos**

- **Arduino Mega 2560**

Es un microcontrolador en el ATMEGA 2560 que tiene 54 entradas/salidas digitales que 16 pines se utilizan como salida PWM, 16 entrada analógica, y contiene 16 Oscilador de cristal MHZ, conexión USB, alimentación, ICSP y botón de reinicio. Se lo puede apreciar en la figura 2 y conocer sus especificaciones en la tabla 1. Esta actuación de Arduino requiere soporte de microcontrolador con conectarlo a una computadora con un cable USB para encenderlo utiliza corriente alterna o continua y puede mediante el uso de la batería (Oktariawan, 2013).

**Figura 2.** Dispositivo Arduino Mega2560



Nota: obtenida de: <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>

**Tabla 1** Especificaciones del Arduino Mega 2560

Característica	Especificación
MICROCONTROLADOR	<a href="#">ATmega2560</a>
TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO	5V
VOLTAJE DE ENTRADA (RECOMENDADO)	7-12V
VOLTAJE DE ENTRADA (LÍMITE)	6-20V
PINES DE E/S DIGITALES	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
PINES DE ENTRADA ANALÓGICA	dieciséis
CORRIENTE CC POR PIN DE E/S	20mA
CORRIENTE CC PARA CLAVIJA DE	50mA
3,3 V	
MEMORIA FLASH	256 KB de los cuales 8 KB utilizados por el gestor de arranque
EEPROM	4 KB
LONGITUD	101,52 mm
ANCHO	53,3 mm
PESO	37 gramos

Nota: adoptado de Arduino.cc: (<https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>)

## - **Sensores**

Se denomina sensor, a un objeto capaz de variar alguna de sus propiedades ante variables de instrumentación, transformando las mismas con un traductor de variables eléctricas. Desde la perspectiva de Mamani, et al., (2017) lo define desde el punto de vista técnico como “un dispositivo que traduce parámetros o eventos en el mundo físico a señales que pueden ser medidas y analizadas” (p. 601). Es decir, son transductores que suelen usarse para transformar energía física a energía eléctrica y que, a su vez, puede ser pasada a un sistema controlador.

Ahora bien, plantean Ochoa et al., (2018) que, con el avance de la electrónica, los sensores además de traducir cantidades físicas en visualizaciones más simple, también forman parte de otros diferentes campos tecnológicos. Hoy en día, los sensores fácilmente se pueden utilizar en sistemas de comunicación, medición y robótica, entre otros.

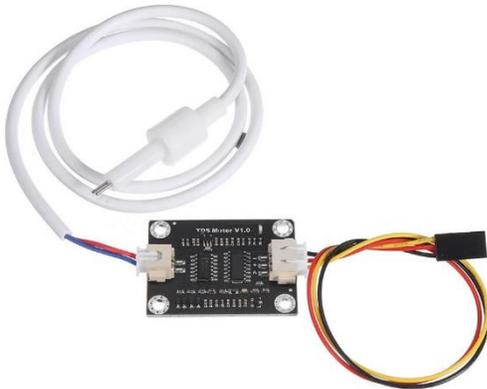
Los sensores pueden clasificarse dependiendo de la utilidad y tipología de la señal de salida, también se clasifican dependiendo de la variable física que midan (Ligtenberg & Kooistra, 2009). Hoy en día, se han logrado tantos avances que se utilizan sistemas de medición, instrumentados con múltiples sensores interconectados, que suelen denominarse redes de sensores, donde se integran avances en tecnología electrónica, comunicaciones y computación, permitiendo la utilización de redes interconectadas de dispositivos de medición, con la finalidad de obtener mediciones más precisas (Akan et al., 2015).

## - **Sensor TDS (Total dissolved solids)**

Este sensor analógico, se utiliza para medir la conductividad eléctrica de una solución acuosa y posteriormente evaluar la calidad del agua (ver en figura 3). Suele ser utilizado para medir si el líquido tiene alta conductividad eléctrica, como es el caso del agua con altas concentraciones de sal. El rango de medición va hasta 100ms/cm. El Sistema Internacional de Unidades, la unidad de conductividad es Siemens / metro (S/m),

y las otras unidades son: S/m, mS/cm,  $\mu$ S/cm. La relación de conversión es  $1\text{S/m} = 1000\text{mS/m} = 1000000\mu\text{S/m} = 10\text{mS/cm} = 10000\mu\text{S/cm}$  (Carriazo, 2021).

**Figura 3. Sensor Tds**



Nota: Obtenida de Google: <https://www.techtonics.in/image/cache/catalog/wp-content/Openkart%20New%20Product/tech1218-1-1000x1000.jpg>

#### - **Medición de conductividad**

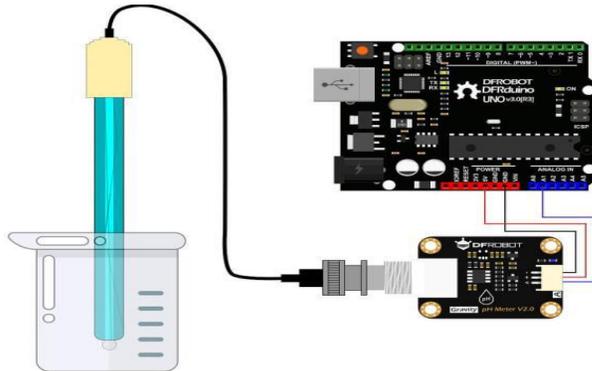
La conductividad del agua se determina midiendo la resistencia AC de una solución entre dos electrodos. Se mide en  $\mu\text{mhos/cm}$ . Evalúa la presencia de sales en forma ionizada. El análisis de este parámetro permite establecer relaciones con los sólidos disueltos en los cuerpos de agua (Ramírez, 2011).

#### - **Sensores de pH**

Está diseñado para medir el pH de una solución y reflejar la alcalinidad o acidez de la misma. La versión analógica viene con un chip regulador de voltaje integrado que admite el suministro de voltaje amplio de 3.3 ~ 5.5V, es compatible con placa de control

principal de 5V y 3.3V. La conexión es bastante simple, se conecta el sensor de pH al conector BC y a la interfaz PH2.0 en el puerto de entrada analógica del conductor (Ver Figura 3). Se usa de forma común en pruebas de calidad del agua y en acuicultura (Carriazo, 2021).

**Figura 3** Conexión del sensor de PH



Nota: Tomado de Google Imágenes:

(<https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR8OnDxpQKUCrdx-YAzaPJc82yzlqG9SbuSw&usqp=CAU>)

#### - **Medición de PH**

Es un término empleado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Origina cambios en la flora y fauna de los cuerpos de agua y posee influencia sobre la toxicidad de compuestos como: amoníaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, entre otros (Ramírez, 2011). Se mide utilizando medidores especiales de pH.

#### - **Sim 800L**

GSM / GPRS RS232 Módem fabricado por SIMCOM; SIM800L QUAD-BAND de GSM / GPRS, funciona en las frecuencias de 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz. Es de tamaño compacto y fácil de usar como plug módem GSM. El módem está diseñado con RS232 nivel circuitería de convertidor, que le permite conectarse 9 directamente puerto serie del PC. La velocidad de transmisión puede ser configurable a partir 9600-115200 a través de comandos AT. Inicialmente módem está en modo automático de

baudios. Este RS232 GSM / GPRS Módem guarda la TCP / IP interna para que pueda conectar con Internet a través de GPRS. (ver en figura 4)

Es adecuado para SMS, para la transferencia de datos en la interfaz M2M. El módem se necesita sólo 3 hilos (Tx, Rx, GND), excepto la fuente de alimentación para la interfaz con microcontrolador / PC Host. El construido en el regulador de voltaje de caída baja lineal permite la conexión de ancho gama de la fuente de alimentación no regulada (4.2V - 13V). Sí, 5 V está entra al modem, podrá para enviar y leer SMS, conectarse a Internet a través de GPRS a través de simples comandos AT (Chavez, 2015).

**Figura 4. Modulo sim800L**



Nota: Obtenida de Google:

<https://avelectronics.cc/wpcontent/uploads/2018/07/HTB1EETjSFXXXXX3apXXq6xXFXXXn.jpg>

## - Pantalla LCD 20x4

Este tipo de pantallas se han utilizado desde hace muchos años en diferentes aparatos o dispositivos como teléfonos celulares, maquinaria, automóviles y equipo industrial, entre otros (ver en figura 5). En sus inicios, son dispositivos que muestran datos alfanuméricos y algún otro tipo de símbolo o imagen, pero que posee grandes limitaciones en cuanto a poder, tipo y número de símbolos y caracteres, con gran consumo de energía y gran tamaño. Con el paso del tiempo y el avance de la ciencia y la tecnología, ha evolucionado y han llegado hasta los dispositivos LCD 20x4 (HETPRO, 2019).

LCD son las siglas en inglés de Liquid Crystal Display, o en español pantalla de cristal líquido, un tipo de dispositivo utilizado para la visualización de diferentes tipos de contenidos o información de manera gráfica, mediante el uso de diferentes caracteres, símbolos o dibujos. 20x4, se refiere a que la pantalla cuenta con cuatro filas, cada una con una capacidad para mostrar hasta dieciséis caracteres, símbolos o figuras, según su programación (IRENA, 2019).

Es decir, el término LCD 20x4, es un pequeño dispositivo con pantalla de cristal líquido que cuenta con cuatro filas, de dieciséis caracteres cada una, que es utilizado para mostrar información, por lo general alfanumérica. Las capacidades de estos dispositivos son altas, pues se puede mostrar todo tipo de información sin importar qué tipo de símbolos o caracteres sean (HETPRO, 2019).

**Figura 5. LCD 24x4**

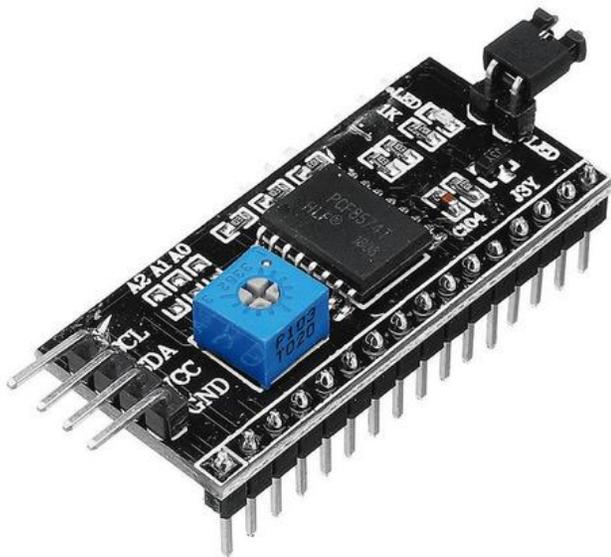


Nota: Imagen obtenida de Google: [https://http2.mlstatic.com/D\\_NQ\\_NP\\_612539-MLA44476437600\\_012021-O.jpg](https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_612539-MLA44476437600_012021-O.jpg)

### - **Modulo I2c**

El Módulo adaptador LCD a I2C está basado en el controlador I2C PCF8574, el cual es un Expansor de Entradas y Salidas digitales controlado por I2C. (ver en figura 6). Por el diseño del PCB este módulo se usa especialmente para controlar un LCD Alfanumérico. Además, sirve para identificar la dirección específica del módulo en donde se puede utilizar un pequeño sketch de prueba llamado: I2C Scanner, el cual nos permite identificar la dirección I2C del dispositivo conectado al Arduino. Para conectar con el módulo en el Arduino solo se utiliza los pines I2C del Arduino (SDA y SCL) y alimentación (GND y 5V), los pines I2C varían de acuerdo al modelo de Arduino (Mechatronics, 2021).

**Figura 6. Modulo I2c**



Nota: Imagen obtenida de Google: [https://http2.mlstatic.com/D\\_NQ\\_NP\\_941921-MEC40624195735\\_012020-O.jpg](https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_941921-MEC40624195735_012020-O.jpg)

### - **App Arduino desktop 1.8.16**

Es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos que se basa en el uso de software y hardware flexibles y fáciles de usar. Arduino puede tomar información del entorno por medio de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede afectar lo que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa utilizando lenguaje de programación Arduino (basado en Processing). Los proyectos elaborados con esta tecnología pueden ejecutarse conectados o no a un ordenador, pues tienen la posibilidad de hacerlo y comunicarse con diferentes tipos de software (Rivera & Yopez, 2015).

La plataforma Arduino, unida a la evolución del Internet mediante la IoT, permitirá la comunicación entre personas y objetos, mediante la interconexión de máquinas de forma autónoma logrando maximizar la eficiencia energética, con el uso de sensores en piezas de máquinas que permiten recolectar datos y realizar mantenimientos predictivos (IRENA, 2019). Esto considerando que el IoT es una red de objetos físicos, dispositivos y otros elementos integrados con electrónica, software y conectividad de red, que permiten recopilar e intercambiar datos relacionados con aspectos del mundo real, alcanzando eficiencia y optimizando los recursos (ITU, 2020).

### - **Cables Jumper**

Es un elemento muy utilizado en electrónica e informática que permite cerrar un circuito eléctrico en el que existen dos conexiones. Los jumpers continúan siendo hasta el momento, la forma más rápida de configurar hardware aplicando las características de los fabricantes. Lo que permite a su vez, fabricar dispositivos que se adecuan a diversos fines con mayor facilidad. Se suelen utilizar en funciones que no van a sufrir alteraciones frecuentes. En el mercado se encuentran disponibles para Multimodo (OM3 y OM4) y Monomodo con capacidades de 12 y 24 hilos (alta densidad) con pulido UPC y APC; Los conectores pueden ser del tipo machos o hembra, son fabricados de acuerdo a los requerimientos de longitud, tipo de conector y pinout solicitados por el cliente y bajo los estándares internacionales IEC-61754-7/ TIA-604-5-D TIA 568/.

Dentro de sus características se encuentran:

- Fibra OM3/OM4/SM conforme a los estándares IEC-61754-7/ TIA 568/ TIA-604-5-D/ G.657A/ IEC60793-2-210
- Chaquetas del tipo LSZH, OFNP y OFNR en color MM: Aqua, SM: Amarillo
- En 12 y 24 hilos
- Pulido UPC, APC
  - Se aplican principalmente en telecomunicaciones, LAN/WA y DATA CENTER (MGFiberTechnologies, 2016)

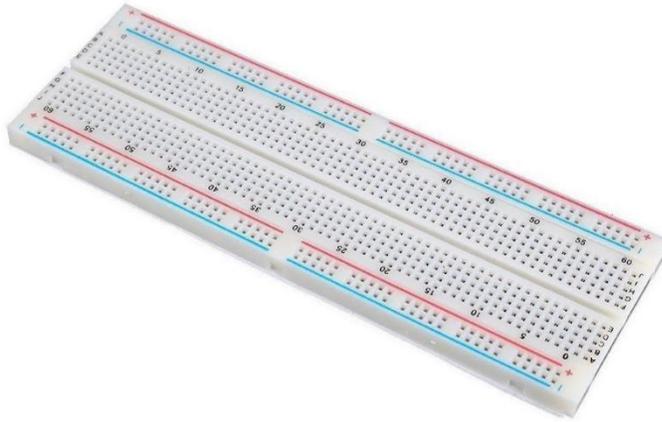
- **Protoboard**

Es una tableta con un gran número de agujeros, donde se implantan dispositivos electrónicos y cables jumper para el montaje de circuitos. Como lo indica su nombre, esta tabla sirve para ensayar con circuitos eléctricos, con lo que se certifica el trabajo que se realiza (Anchundia, 2021).

Estas placas son denominadas en español como “placas de prototipo” y son unas placas agujereadas con conexiones internas dispuestas en hileras, de manera que forman una matriz de taladros donde se pueden pinchar componentes y formar el circuito que se desea. Está diseñada para montar prototipos, de forma eventual y no permanente, ya que permite probar y volver a desmontar los componentes, lo que permite usar la placa en varios experimentos (Barriga et al., 2016).

La placa protoboard es una herramienta de mucha utilidad cuando se requiere comprobar el adecuado funcionamiento de un circuito. Permite una experiencia más práctica, pues de forma rápida y sencilla se realiza tanto el montaje como el desmontaje del circuito. Su uso eficiente va a depender de los conocimientos que se tengan, sobre cómo están conectados los agujeros entre sí y la manera en que habitualmente se usa (Soto, 2017). Ver en (Figura 7).

**Figura 7.** Placa de Protoboard



Nota: Figura obtenida de Google.  
<https://electronicamade.com/wpcontent/uploads/2020/04/Protoboard.jpg>

#### - **Sensor NPK**

El sensor NPK es adecuado para detectar el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo y en el agua. Ayuda a determinar su fertilidad lo que facilita la evaluación sistemática de sus condiciones químicas. El sensor se puede enterrar o sumergir en el durante mucho tiempo por lo que cuenta con certificación ip68. Tiene una sonda de alta calidad, resistencia a la oxidación, resistencia electrolítica, resistencia a la corrosión salina y alcalina, para garantizar el funcionamiento a largo plazo de la parte de la sonda. Por lo tanto, es adecuado para todo tipo de suelo y agua. Las características del sensor se los muestra en la tabla 2 (Electronics, 2022).

**Tabla 2.** Características sensor NPK

<b>Especificaciones</b>
1. Potencia: 9V-24V
2. Rango de medición: 0-1999 mg/kg (mg/l)
3. Temperatura de funcionamiento: 5-45 °C
4. Resolución: 1 mg/kg
5. Precisión: $\pm 2\%$ FS
6. Señal de salida: RS485
7. Tasa de baudios: 2400/4800/9600

## 8. Clase de protección: IP68

Nota: adoptado de: <https://how2electronics.com/measure-soil-nutrient-using-arduino-soil-npk-sensor/>

### - **Regulador Step Down LM2596**

El módulo LM2596 HW-411 es un convertidor de voltaje DC-DC step-down de 3A con salida ajustable. Es un regulador de conmutación reductor de voltaje, capaz de suministrar una corriente de salida de hasta 3A con excelente regulación de línea y carga. Estos dispositivos están disponibles en voltajes de salida fijos de 3.3 V, 5 V, 12 V y una versión de salida ajustable. La serie LM2596 funciona a una frecuencia de conmutación de 150 kHz, lo que permite componentes de filtro de menor tamaño que los que se requerirían con reguladores de conmutación de frecuencia más baja (Texas Instrument, 2021).

### **1.2.22 Factores lógicos**

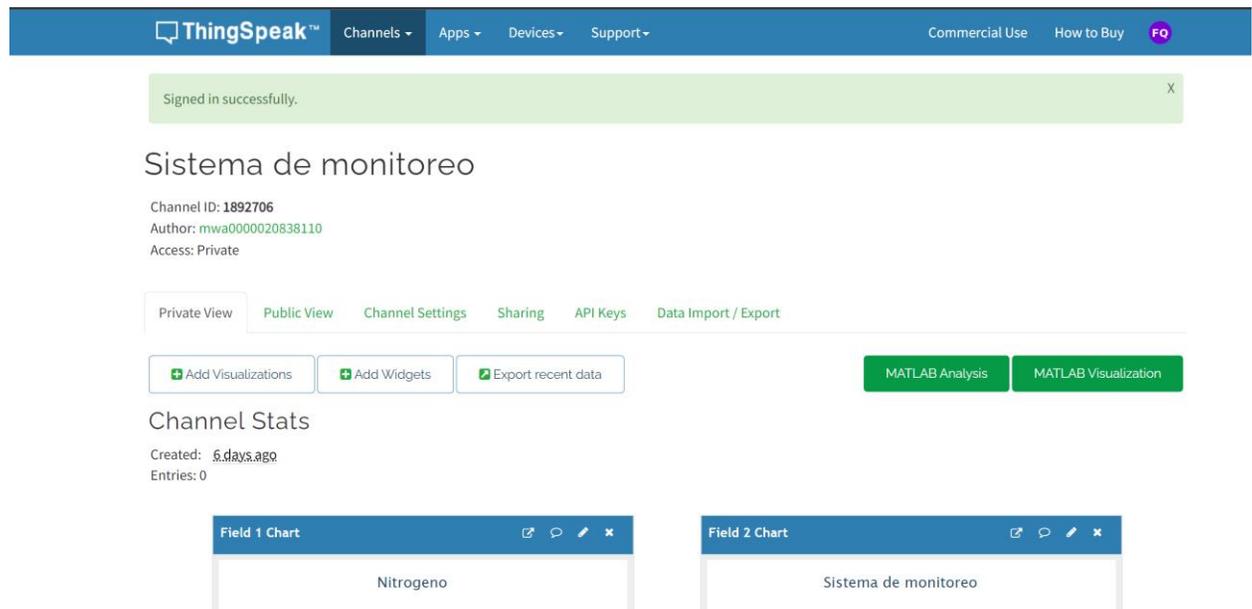
#### - **ThinkSpeak**

ThinkSpeak es un servicio de plataforma de análisis de IOT (Internet de las cosas) que le permite recopilar y almacenar datos de sensores en la nube este servicio también le permite realizar análisis en línea y actuar sobre sus datos. Los datos del sensor se pueden enviar a ThinkSpeak desde cualquier hardware que puede comunicarse usando una API REST. Se puede observar en la siguiente figura 4 Además, es un servicio web (API REST) que le permite recopilar y almacenar datos de sensores en la nube y desarrollar Internet de las Cosas aplicaciones (Halvorsen, 2017).

En otras palabras, ThinkSpeak es un servicio que permite agregar, analizar y visualizar datos en tiempo real en la nube desde dispositivos IoT conectados en una

plataforma de análisis de IoT de MathWorks, Matlab y Simulink, Es compatible con dispositivos como Arduino, Raspberry Pi y el Módulo WiFi ESP8266, entre otros (Ruiz, 2021). se puede observar en la figura 8.

**Figura 8.** Interfaz gráfica de ThinkSpeak



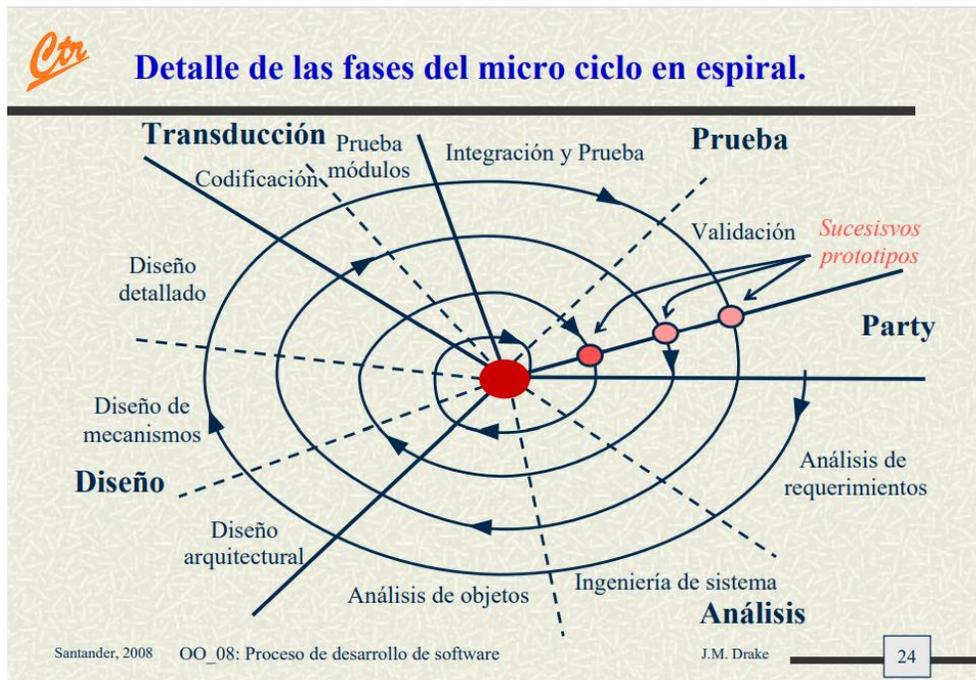
### 1.2.23 Metodología de microciclo ROPES

Se conoce como microciclo a una serie de sesiones realizadas durante varios días, cuyos contenidos apuntan a lograr los objetivos de una etapa del ciclo de entrenamiento (Lanao, 2014).

En el proceso ROPES, el microciclo tiene el objetivo de producir un nuevo prototipo que implemente algunos casos de uso parciales y que resuelva problemas o dudas que introduzcan riesgos (Drake, 2018).

Cada iteración de microciclo en el proceso espiral ROPES implica la ejecución de las 4 fases ya descritas. (observar en la siguiente figura 9). El diagrama describe sus subfases:

**Figura 9:** Detalle de las fases del micro ciclo en espiral



Nota: Obtenida de (Drake, 2018, p. 23)

- Fase de compromiso: Evaluar las características del proyecto a abordar, determinar los objetivos de la microcirculación y planificar las actividades a realizar.
- Fase de análisis: Definir los aspectos básicos del prototipo a desarrollar. Las esencias se entienden como "qué" en un sistema, es decir, cualidades que serían consideradas falsas o incompletas sin ellas. Esta suele ser una vista de caja negra donde la información detallada de la estructura interna es irrelevante.
- Fase de diseño: Se optimiza el modelo de análisis eligiendo una arquitectura de diseño adecuada, eligiendo métodos y aplicándolos al modelo de análisis. El diseño muestra y describe "cómo" se implementan las funciones identificadas en el análisis. Esto corresponde a una vista más detallada donde la información es relevante para esta etapa. El diseño es una solución particular entre muchas soluciones posibles, y la parte más relevante de esta fase es identificar y satisfacer

las características de QoS que se optimizarán y luego justificar la solución en base a eso.

- Fase de transformación: Comprende la construcción de la correcta ejecución de los elementos estructurales propuestos en el proyecto. Implica generar código de forma manual o automática, ensamblar y conectar nuevas piezas para crear prototipos ejecutables.
- Fase de Prueba: Se integran prototipos a partir de las piezas y módulos generados, se utilizan vectores de prueba anteriores y vectores generados específicamente en este microciclo, y se genera un análisis del estado actual de desarrollo (Drake, 2018).

#### 1.2.24 Técnica de caja negra

La técnica de caja negra, consiste en ver el programa que queremos probar como una caja negra despreocupándonos del comportamiento interno y concentrando el esfuerzo en encontrar el comportamiento incorrecto, de acuerdo a las especificaciones de dicho programa, teniendo sólo en cuenta las entradas y salidas de dicho programa (Peño, 2015).

Por otra parte, la empresa KeepCoding manifiesta que: también son conocidas como black box. Se definen como una técnica de análisis de la funcionalidad de un sistema que no tiene en cuenta la estructura interna del código (KeepCoding, 2022). El diagrama de caja negra se observa en la figura 7.

**Figura 7:** Diagrama del funcionamiento de caja negra



Obtenido: Imagen obtenida de (Funcional, 2019)

Estas pruebas de caja negra tienen una gran importancia en la verificación del estado del sistema y se pueden aplicar en cualquier ámbito de tecnología. Además, la gran importancia es lo que entra y lo que sale, sin importar lo que pase internamente.

#### **1.2.25 Encuestas**

De acuerdo con (Fachelli & Lopez, 2015) consideran que la encuesta es una técnica investigativa para la recolección de datos a través de la interrogación de los sujetos cuya finalidad es obtener de manera sistemática los conceptos que se derivan de una problemática de investigación previamente construida.

#### **1.2.26 Entrevista**

Es un cuestionario que consiste en un conjunto de preguntas, normalmente de varios tipos, preparado sistemática y cuidadosamente, sobre los hechos y aspectos que interesan en una investigación o evaluación, y que puede ser aplicado en formas variadas, entre las que destacan su administración a grupos o su envío por correo (Juste, 1991).

### **1.3 Marco Conceptual**

Dentro de este apartado se encuentra los temas que engloban a las variables de estudio de la investigación, las mismas están relacionadas a los estudios e investigación antes descritas en las referencias teóricas.

- **Arduino Mega:** un microcontrolador Atmega2560. Además, tiene 54 pines, los cuales pueden ser usados como entradas o salidas digitales; de estos a su vez, 14 permiten realizar aplicaciones con PWM estos 54 pines, se suman 16 que funcionan como entradas análogas, 4 UARTS, un oscilador de 16MHz, conector USB, Jack de alimentación, conector ICSP de manera que se integran todos estos componentes en una plataforma de 101.52x53.3 mm (Casa y Quinaloa, 2018).
- **Arduino desktop:** es una placa que tiene todos los elementos necesarios para conectar periféricos a las entradas y salidas de un micro controlador. Es decir, es

una placa impresa con los componentes necesarios para que funcione el micro controlador y su comunicación con un ordenador a través de la comunicación serial (ITU, 2020).

- **Sistema de monitoreo:** son instrumentos de gestión, responsables de proveer la información sobre el desempeño para alimentar la toma de decisiones, y generar mejoras en las intervenciones y la gestión de las instituciones públicas (CEPAL, 2021).
- **Sensores:** Es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas (Porto y Gardey, 2021).
- **Prototipo basado en IOT:** es un modelo puede mantener datos y registros de las diferentes variables IoT presentadas y automatizar a los dispositivos para trabajar de acuerdo con las necesidades del usuario (Padilla y Mendoza, 2020).
- **Revisión bibliográfica:** La revisión Bibliográfica constituye una etapa fundamental de investigación y debe garantizar la obtención de la información más relevante en el campo de estudio, de un universo de documentos que puede ser muy extenso (Gomez et al., 2014).
- **Calidad del agua:** La calidad del agua de un recurso hídrico es el conjunto de sus características físicas, químicas y composición y estado de los organismos que en habitan en él (Aguas Urbanas, 2018).
- **Insumos agrícolas:** Los insumos agrícolas son los productos (fertilizantes, abonos, plaguicidas, semillas...) que se utilizan para el control de plagas, prevención y tratamiento de enfermedades, etc (Zumos Ecologicos, 2017).
- **Aguas fluviales:** Aguas de los ríos (Rae, 2022, definición 1).

## 1.4 Marco Legal

La legislación es un proceso importante en el juicio de respaldo de toda información bajo cualquier tema. Por lo cual el fin de este apartado es presentar las leyes que rigen esta temática de estudio. Dentro de esta se pueden observar tres ámbitos:

leyes acerca del agua según la Fao, relacionadas a la agricultura en base a ley orgánica de agrobiodiversidad, semillas y fomento de agricultura, y por ultimo las leyes relacionadas con la tecnología en base a la constitución ciudadana.

#### **1.4.1 Leyes relacionadas con el Agua (FAO la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura)**

El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico, de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, planificación y gestión de los recursos hídricos: consumo humano, soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas (Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, 2014).

Art. 10.- Dominio hídrico público.- El dominio hídrico público está constituido por los siguientes elementos naturales:

- a) Los ríos, lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares y caídas naturales;
- b) El agua subterránea;
- c) Las fuentes de agua, ¡entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes, manantial o naciente natural en el que brota a la superficie el agua subterránea o aquella que se recoge en su inicio de la escorrentía; (Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, 2014)

Dentro de la sección tres de la ley orgánica de recursos hídricos se encuentra la gestión y administración de los recursos hídricos, dentro de esta sección se trae a colación el artículo 32 el cual garantiza: La Gestión pública o comunitaria del agua.- La gestión del agua es exclusivamente pública o comunitaria.

La gestión pública del agua comprende, de conformidad con lo previsto en esta Ley, la rectoría, formulación y ejecución de políticas, planificación, gestión integrada en cuencas hidrográficas, organización y regulación del régimen institucional del agua y control, conocimiento y sanción de las infracciones, así como la administración,

operación, construcción y mantenimiento de la infraestructura hídrica a cargo del Estado (Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, 2014).

## **1.4.2 Leyes relacionadas con la agricultura**

### **1.4.2.1 Ley orgánica de agrobiodiversidad, semillas y fomento de agricultura**

Título IV Agricultura Sustentable

Capítulo 1 Buenas practicas

Art. 48.- Agricultura Sustentable. Para efectos de aplicación de esta Ley, se entiende por agricultura sustentable a los sistemas de producción agropecuaria que permiten obtener alimentos de forma estable, saludable, económicamente viable y socialmente aceptable, en armonía con el medio ambiente y preservando el potencial de los recursos naturales productivos, sin comprometer la calidad presente y futura del recurso suelo, disminuyendo los riesgos de degradación del ambiente y de contaminación física, química y biológica de los productos agropecuarios (Ley orgánica de agrobiodiversidad, semillas y fomento de agricultura, 2017).

Art. 49.- Prácticas y tecnologías.

Constituyen prácticas y tecnologías de agricultura sustentable, destinadas al uso de alternativas de innovación tecnológica, que debe fomentar el Estado las siguientes:

Inciso a.- Promover la recuperación y conservación de los recursos fitogenéticos para la diversificación de los sistemas productivos de esta agricultura;

Inciso c.- Promover la regeneración de los recursos naturales renovables y de los sistemas productivos;

Inciso g.-Promover el manejo adecuado de cuencas hidrográficas para garantizar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y ecosistemas en general;  
(Ley orgánica de agrobiodiversidad, semillas y fomento de agricultura, 2017)

### **1.4.3 Leyes relacionadas con las tecnologías en base a la constitución de la república del Ecuador**

La constitución de la Republica del Ecuador (2008) del capítulo primero del Régimen del Buen Vivir en la sección octava referente a la Ciencia, Tecnología, Innovación y saberes ancestrales se establecen las siguientes leyes:

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

Numeral 1.- “Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Numeral 3.- “Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Dentro del artículo 387 de la Constitución Ciudadana menciona una de las responsabilidades que tiene el estado:

Numeral 4.- “Garantizar la libertad de creación e investigación en el marco del respeto a la ética, la naturaleza, el ambiente, y el rescate de los conocimientos ancestrales.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

## **Capítulo 2 Marco Metodológico**

En este capítulo tiene como objetivo abordar la metodología de investigación del proyecto, la cual se encuentra el enfoque metodológico, tipo de investigación, métodos y formas de recolección de datos. Sumado a esto la metodología para el desarrollo del prototipo la cual se dividió en 5 etapas: compromiso, análisis, diseño, transformación y prueba.

## **2.1 Enfoque Metodológico**

El presente proceso de metodología de investigación se desarrolló bajo un enfoque de investigación mixto donde en la primera parte del proyecto se necesitó de un enfoque cuantitativo, con la finalidad de levantar datos numéricos, lo que fue información necesaria para la evaluación del sistema de monitoreo. Reforzando esta idea, Sampieri manifiesta que: El enfoque cuantitativo se utiliza como un conjunto de procesos secuenciales de carácter probatorio, teniendo como resultado la obtención de patrones de comportamiento sobre el objeto de estudio (Sampieri Hernandez, 2014, pág. 37).

Del mismo modo, se realizó bajo un enfoque cualitativo, por lo que el objeto de estudio estuvo sujeto a pruebas de efectividad, análisis de usabilidad y perspectivas mediante entrevistas a las personas quienes se favorecerán en la demostración de este sistema de monitoreo. Según Carlos Collado expresa que: un enfoque cualitativo regularmente busca describir, comprender e interpretar los fenómenos, a través de percepciones y significados producidos por la experiencia de los participantes (Collado, 2014, p.44).

## **2.2 Tipo de investigación**

Durante el proceso del proyecto se realizó una investigación descriptiva, dado a que se recogió información técnica a base de hechos y realidades expuestas, como fin de realizar análisis e interpretaciones sobre los diferentes conceptos que convergen en este estudio.

Igualmente fue de tipo exploratorio considerando que se necesitó una indagación profunda de un tema poco estudiado desde el punto de vista tecnológico, por lo que se ejecutó una recolección de información a través de un dispositivo electrónico para poder generar una propuesta de solución al problema de las malas prácticas de distribución de insumos agrícolas en los cultivos.

## **2.3 Método**

Para esta investigación se basó en un método de investigación empírico, con la finalidad de establecer técnicas de validación de información para así experimentar la realidad que queremos conocer. Según Cerón, Perea & Figueroa consideran que el método empírico se basa en la experiencia con el contacto a la realidad, es decir se fundamentan en la experimentación y lógica para la observación de fenómenos y análisis utilizando encuestas, observación y entrevistas (Cerón et al., 2020).

En base a esto, se utilizó este método de investigación para así poder analizar por medio de encuestas la efectividad que tienen acerca de la calidad del agua para procesos de dosificación en los cultivos de arroz. Sumado a esto, las entrevistas fueron realizadas a las 2 asociaciones que tiene el sector del recinto el Espinal para así poder encontrar que parámetros o elementos utilizan para la dosificación de insumos agrícolas.

## **2.4 Periodo y lugar de la investigación**

Esta propuesta tecnológica fue realizada en el Cantón Santa Lucía de la provincia del Guayas a los arroceros del sector el Espinal, con un tiempo de investigación entre el mes de agosto – diciembre del 2022.

## 2.5 Población y universo

El universo son los 122 arroceros del recinto el Espinal del Cantón Santa Lucia según el registro de participantes de la asociación de arroceros del mismo.

## 2.6 Muestra

Para la obtención de los datos se va a realizar un muestreo no probabilístico de tipo intensional u opinático, por motivo de que no se va a considerar alguna variable en específica para la obtención de los datos. Sino que se basará en los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador. (Arias, 2012)

El criterio de selección en son en base a la tabla 3:

**Tabla 3.** criterios de selección

Características
<ul style="list-style-type: none"><li>• Agricultor con más de 8 cuadras de arroz en producción en el sector el Espinal.</li><li>• Agricultor que pertenezcan a una de las 2 asociaciones del sector el Espinal.</li><li>• Agricultor que tengan mayor a 30 años.</li></ul>

Para lo cual considerando esta sectorización serian 26 personas la cuales cumplieron con estos criterios como muestra la recolección de datos.

## 2.7 Operacionalización de variables de estudio

Dentro de este apartado se definen la variable independiente y dependiente

- **Variable Independiente**

Sistema de monitoreo de la calidad del agua

- **Variable dependiente**

Dosificación de insumos agrícolas

**Tabla 4.** Operacionalización de variables

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos/métodos
Sistema de monitoreo de la calidad del agua	Constituye una herramienta fundamental para conocer el estado del agua y del ecosistema acuático, identificar problemas asociados a contaminación y generar información valiosa para el desarrollo de planes de mejora de la calidad. (Ródo, 2018)	- Sistema de monitoreo  - Parámetros escogidos para el análisis del agua.	-Revisión bibliográfica  -Entrevista  -Encuesta
Dosificaciones insumos agrícolas	Consiste en averiguar cuánta es la cantidad de agua que debe gastar para dejar bien cubierto un cultivo y en esa cantidad de agua mezclar la cantidad de plaguicida recomendada por el panfleto del agroquímico. (Universidad de Costa Rica, s.f)	-Experiencia con las dosificaciones  -Técnicas de dosificaciones	-Cuestionario o Encuesta con escala de Likert  -Revisión bibliográfica

## 2.8 Técnica e instrumentos

En el presente apartado se explica las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, para lo cual se estarán dividiendo en 4 técnicas: dos encuestas, una revisión bibliográfica y una entrevista. A continuación, se detallan estos instrumentos a utilizar.

**Encuesta 1:** Tiene como fin obtener las ideas de cómo se han venido dando los procesos de dosificación en el cultivo de arroz dentro del recinto el Espinal del cantón Santa Lucia. Esta encuesta será recolectada mediante Google Forms en base a 10 preguntas divididas en 6 con escalamiento de Likert y 4 con preguntas cerradas. El formato de la encuesta encuentra en el anexo 2.

**Encuesta 2:** Tiene como objetivo realizar una evaluación de juicio de experto, acerca del sistema de monitoreo desarrollado. Esta técnica estará basada en (Márquez, 2001) con 4 secciones de evaluación las cuales serán: aspectos funcionales y utilidad, aspectos técnicos y estéticos, aspectos psicológicos y valoración global del sistema. Las mismas tendrán una valoración con escala de Likert.

**Revisión bibliográfica:** Se va a utilizar para indagar acerca de opiniones de autores, sobre técnicas de dosificación y minerales importantes para el cultivo de arroz en base a diferentes autores.

**Entrevista:** Esta técnica tiene como fin, conocer cuáles son los parámetros de calidad del agua que saben o utilizan en el cultivo de arroz dentro del recinto el Espinal, por lo cual serán ejecutadas 3 entrevista a directivos de las 2 asociaciones, las cuales tendrán 4 preguntas abiertas, las cuales se pueden observar en el

## 2.9 Procesamiento de la información

El desarrollo de la revisión bibliográfica se realiza en base a la investigación de diferentes conceptos de autores acerca de los sistemas de monitoreo para realizar

análisis de calidad de agua, con uso para las dosificaciones agrícolas, con el fin de levantar los requerimientos funcionales del prototipo. Los mismos se encontrarán en el marco teórico.

Por otra parte, se va a realizar una encuesta a los 26 agricultores pertenecientes al recinto el Espinal, considerando los criterios de selección encontrados en la parte de muestra, con el objetivo de validar la información encontrada en la revisión bibliográfica acerca de los procesos de dosificación que han llevado los agricultores.

La segunda encuesta será destinada para evaluar el sistema de monitoreo bajo el juicio de un experto. Los mismos serán de suma importancia para ver el grado de efectividad que tiene.

La otra técnica de investigación es la entrevista con el objetivo de obtener los criterios de los ingenieros acerca de los minerales más importantes que se necesitan para medir la calidad del agua y posterior a ello ser ayuda para la dosificación de insumos agrícolas. La forma de grabar la entrevista se dio por medio de un celular móvil, posterior a ello se utilizó una herramienta de Google gratis el cual se llama speech-to-text, la cual sirvió para transcribir el audio a texto para así realizar una tabla sobre los minerales que más se repetían para medir la calidad del agua.

## **2.10 Procedimiento de la investigación**

Dentro de este trabajo se aplicará la metodología de microciclos de ROPES para el desarrollo del prototipo del sistema de monitoreo. Como se muestra en la figura 10. en el proceso ROPES el microciclo tiene el objetivo de producir un nuevo prototipo que implemente algunos casos de uso parciales y que resuelva problemas o dudas que introduzcan riesgos.

La fase “Party” es donde se establece el objetivo del microciclo y se planifican las actividades a ser realizadas.

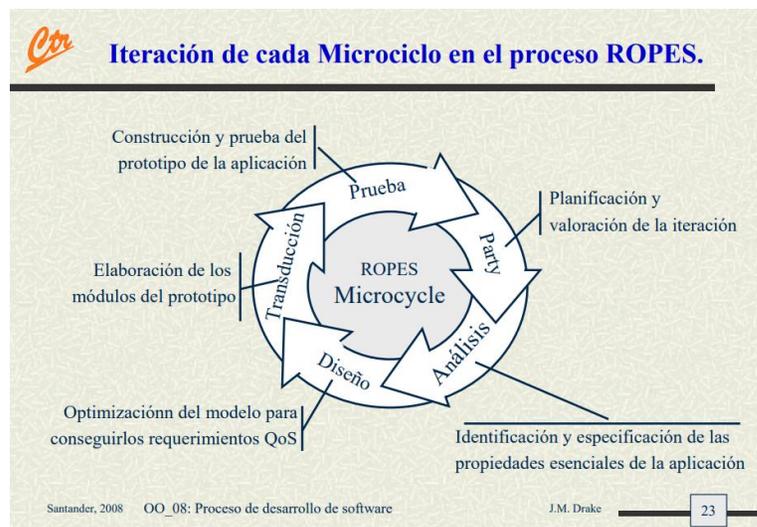
La fase “Análisis” define los aspectos esenciales del prototipo que se desarrolla.

La fase “Diseño” optimiza el modelo de análisis eligiendo la arquitectura de diseño adecuada, seleccionando la tecnología y aplicándola al modelo de análisis.

En la fase “Transducción” se genera manualmente o automáticamente el código, se compila y enlaza las nuevas piezas para constituir un prototipo ejecutable.

La fase “Prueba” integra las piezas generadas, aplica los vectores de pruebas previos y los generados específicamente en este microciclo y genera realiza un análisis del estado actual del desarrollo (Drake, 2018).

**Figura 10.** Fases del microciclo ROPES.



Nota: Obtenida de (Drake, 2018)

## **Capítulo 3 - Análisis e interpretación de resultados**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en los instrumentos de investigación realizados como es: la encuesta del análisis de dosificación agrícola, la revisión bibliográfica sobre las opiniones de técnicas de dosificación y minerales más importantes para el cultivo de arroz, la entrevista a las personas de la asociación y la encuesta de evaluación del sistema de monitoreo realizados en el Cantón Santa Lucía – el Espinal.

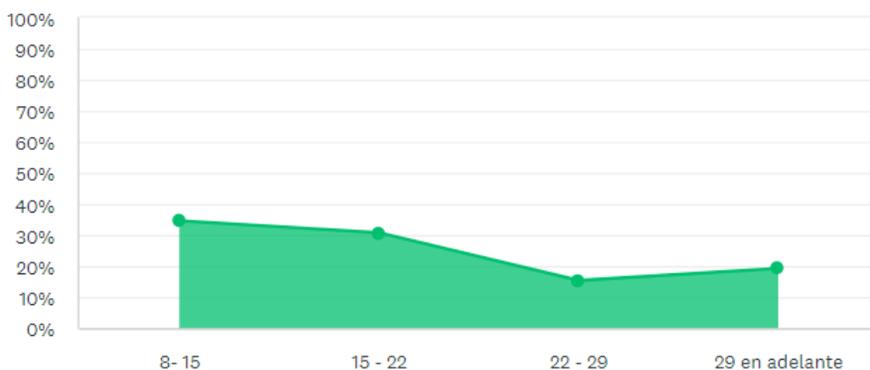
### 3.1 Encuesta de las técnicas de dosificación agrícola

Esta encuesta fue destinada para la recolección de datos en base a las técnicas, formas y criterios de dosificación agrícola que tienen los agricultores del recinto el Espinal en el Cantón Santa Lucía.

**Pregunta 1** ¿Qué cantidad de cuadras de arroz tiene en producción (Ver en la figura 11)

**Figura 11** ¿Qué cantidad de cuadras de arroz tiene en producción

Respondidas: 26 Omitidas: 0

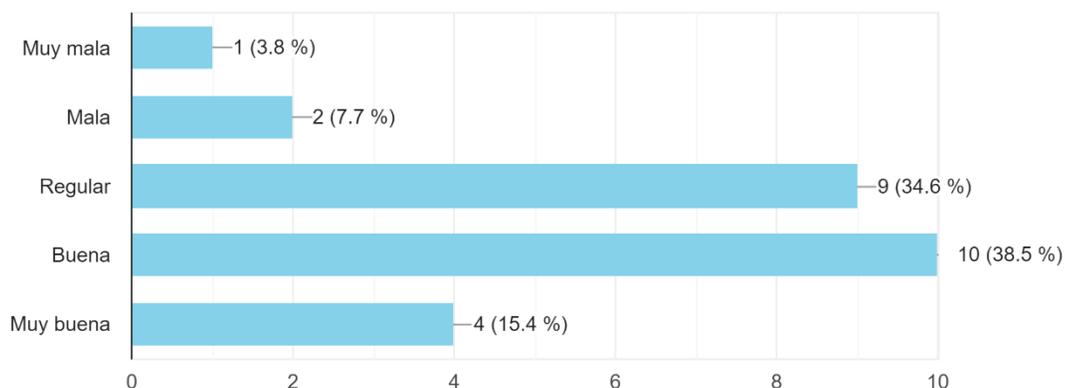


Dentro de esta figura se puede observar que un 35% tiene un intervalo de 8-15 cuadras en producción, un 30% entre 15-22, un 15% entre 22-29 y finalmente 29 en adelante un 20% de los encuestados.

**Pregunta 2.** ¿Cómo considera que son sus técnicas de dosificación agrícola? (Ver pregunta en la figura 12)

**Figura 12.** ¿Cómo considera que son sus técnicas de dosificación agrícola?

26 respuestas

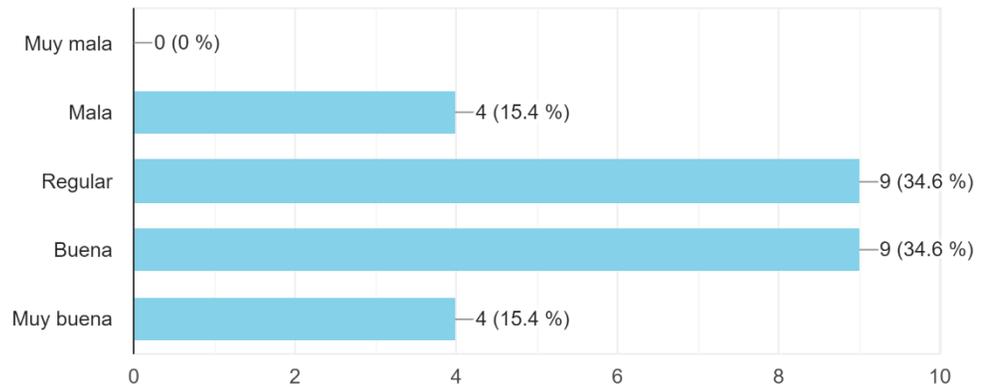


En esta primera pregunta se puede apreciar que el 38,5% de los agricultores consideran que sus técnicas de dosificación son buena, sumado a esto un 15.4% manifiestan que es regular, sin embargo, un 34,6% dicen que es regular su técnica de dosificación; y en un menor porcentaje creen que es mala y muy mala.

**Pregunta 3.** ¿Cómo considera que rinde su cultivo con sus técnicas de dosificación usadas en el cultivo de arroz? (Ver pregunta en la figura 13)

**Figura 13.** ¿Cómo considera que rinde su cultivo con sus técnicas de dosificación usadas en el cultivo de arroz?

26 respuestas



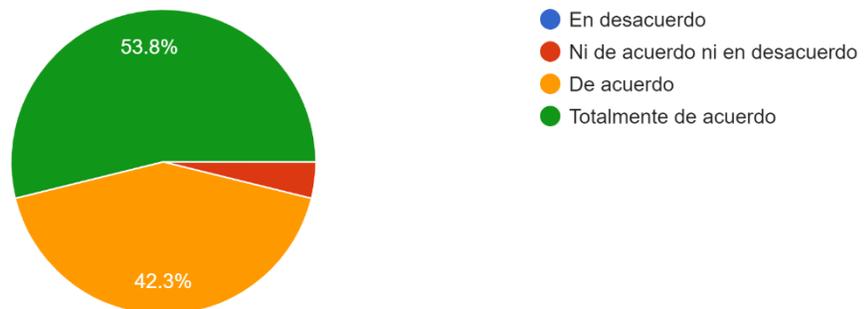
En esta segunda pregunta se les consulto a los agricultores, que tanto les rinde su cultivo en base a sus técnicas que utilizan para dosificar los productos químicos. Por lo cual se puede observar que hay un 34,6% que considera que es regular, un 15,4% que es muy buena y un 34,6% que es buena, sin embargo, de la misma forma se ve que 15,4% que dicen que es malo su rendimiento en relación con su dosificación que utiliza.

**Pregunta 4.** ¿Está de acuerdo que el análisis del agua es un indicador para mejorar el proceso de dosificación agrícola? (Ver pregunta en la figura 14)

**Figura 14.** ¿Está de acuerdo que el análisis del agua es un indicador para mejorar el proceso de dosificación agrícola?

¿Esta de acuerdo que análisis del agua es un indicador para mejorar el proceso de dosificación agrícola?

26 respuestas

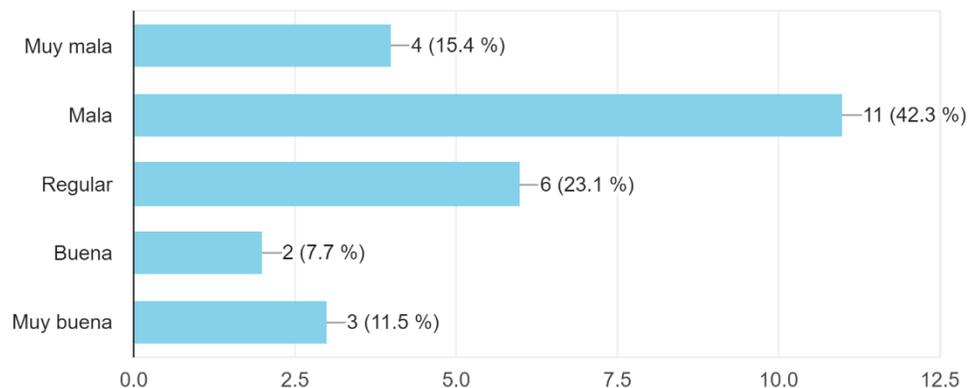


En esta pregunta se puede apreciar que, si el análisis del agua es un indicador para mejorar el proceso de dosificación agrícola, lo cual el 53,8% de los agricultores manifestaron que están totalmente de acuerdo y un 42,3% que están de acuerdo.

**Pregunta 4.** Califique la calidad del agua que tiene en su sector. (Ver pregunta en la figura 15).

**Figura 15.** Califique la calidad del agua que tiene en su sector

26 respuestas

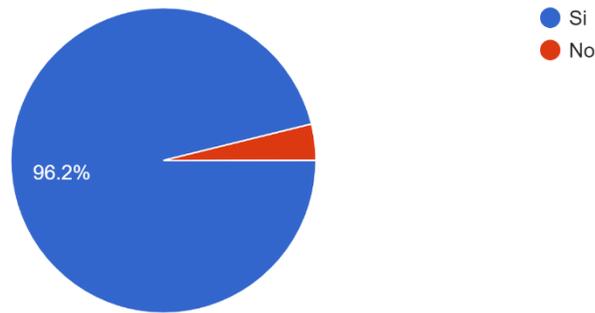


En lo que concierne a esta pregunta se observa que el 42,3% de los agricultores consideran que en el sector del Espinal cuentan con una mala calidad de agua, mientras que el otro porcentaje se dividen entre regular, muy mala, buena y muy buena.

**Pregunta 5.** ¿La calidad del agua es un indicador clave para el análisis de dosificación agrícola? (Ver pregunta en la figura 16).

**Figura 16.** ¿La calidad del agua es un indicador clave para el análisis de dosificación agrícola?

26 respuestas

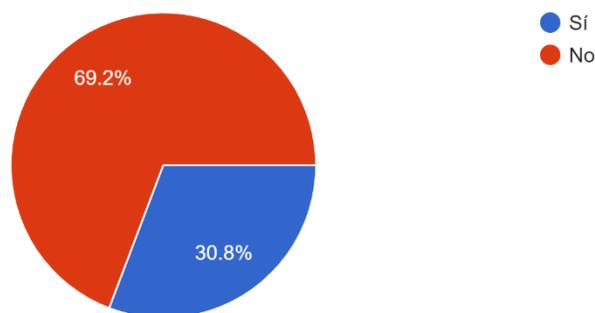


De acuerdo con este gráfico de pastel, se puede representar que un 96,2% de los agricultores manifiestan que la calidad del agua es un indicador clave para el análisis de dosificación agrícola. y un 3,8% que no lo es.

**Pregunta 6.** ¿Sus prácticas de dosificación agrícolas se basan en cálculos, medidas de uso, mediciones, etc.? (Ver pregunta en la figura 17).

**Figura 17.** ¿Sus prácticas de dosificación agrícolas se basan en cálculos, medidas de uso, mediciones, etc.?

26 respuestas

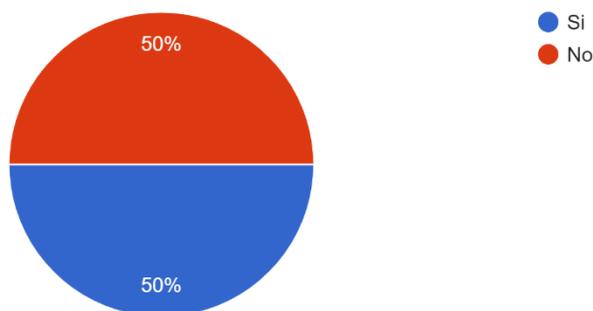


Analizando esta gráfica, se puede observar que un 69,2% de los agricultores mencionan que sus prácticas agrícolas no se basan en cálculos, ni medidas y peor en mediciones al momento de dosificar sus insumos. y un 30,8% considera que sí lo hace.

**Pregunta 7.** ¿Lleva algún control cuando dosifica sus insumos agrícolas? (Ver pregunta en la figura 18).

**Figura 18.** ¿Lleva algún control cuando dosifica sus insumos agrícolas?

26 respuestas

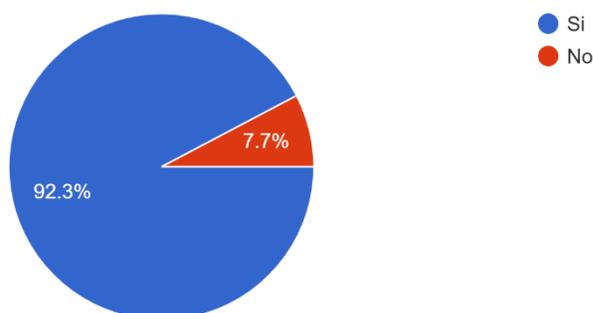


Dentro de esta pregunta se puede analizar que un 50% de los agricultores no llevan un control cuando dosifican sus insumos agrícolas, mientras tanto el otro 50% considera que si lo realizan.

**Pregunta 8.** ¿Utiliza métodos empíricos (enseñanza de sus padres, abuelos, conocidos, etc.) de dosificación agrícola? (Ver en figura 19).

**Figura 19.** ¿Utiliza métodos empíricos (enseñanza de sus padres, abuelos, conocidos, etc.) de dosificación agrícola?

26 respuestas

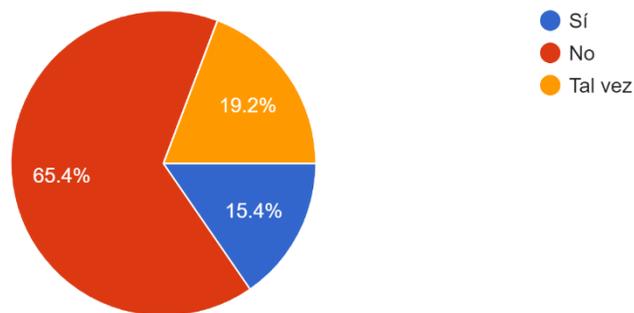


En base a este figura se puede analizar que un 92,3% de los agricultores si utilizan un método empírico lo cuales son: enseñanzas de sus padres, conocidos o cualquier familiar en dosificar los insumos agrícolas.

**Pregunta 9.** ¿Ha escuchado sobre algún sistema de monitoreo que ayude con la obtención de los minerales del agua? (Ver pregunta en figura 20).

**Figura 20.** ¿Ha escuchado sobre algún sistema de monitoreo que ayude con la obtención de los minerales del agua?

26 respuestas

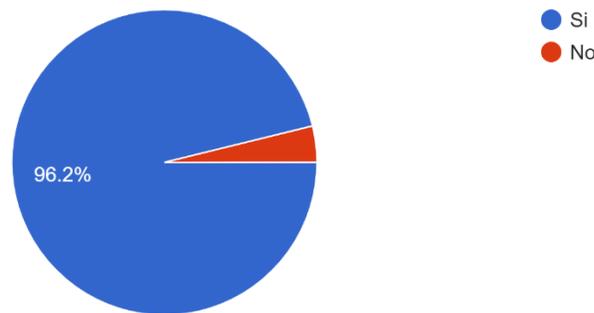


Analizando este grafico se ha preguntado a los agricultores si ellos han escuchado algún sistema de monitoreo que ayude con la obtención de minerales del agua para que estos sean considerados en la dosificación de sus insumos, por lo cual el 65,4% respondió que No, mientras que un 15.4% que Si, finalmente un 19,2% tal vez.

**Pregunta 11.** ¿Le gustaría que hubiera un sistema que les facilite la calidad del agua para su uso en la dosificación de sus insumos agrícolas? (Ver pregunta en figura 21).

**Figura 21.** ¿Le gustaría que hubiera un sistema que le facilite la calidad del agua para su uso en la dosificación de sus insumos agrícolas?

26 respuestas



Como se puede observar en este gráfico, un 96,2% de los agricultores les gustaría que hubiera un sistema de monitoreo, para que les facilite la calidad el agua.

### **3.2 Entrevista al gremio de la asociación de arroceros del sector el espinal**

La entrevista fue dada a 2 miembros de la asociación los Caídos y el otro a la asociación el Espinal, como objetivo de conocer de manera más profesional sus ideas, opiniones acerca de la calidad del agua, ya que estas personas tienen más de 15 años en estas instituciones, que se han venido capacitado periódicamente, intercambiado ideas entre otras asociaciones, organismos y gobiernos, y sobre todo tienen una idea mucho más técnica acerca de estos temas.

La primera entrevista fue a dada al presidente asociación de los arroceros los Caídos, en donde expresa que, si le gustaría tener un sistema de monitoreo para analizar la calidad del agua, ya que le gustaría saber que componentes tiene esa agua, porque hay productos que necesitan tener agua con PH acida o PH neutro, del mismo modo verificar si el agua tiene carbonatos porque esas aguas vienen de los ríos y fácilmente se la podría identificar con la conductividad del agua. En consecuencia, a ello, indico parámetros que se pueden considerar en la calidad del agua, son los carbonatos, PH, conductividad, salinidad.

La segunda persona entrevistada fue un miembro de la asociación de directivos técnicos los Caídos, en donde indicó que, si le gustaría que contara con un sistema de monitoreo para analizar la calidad del agua de riego, ya que le daría un sinnúmero de beneficios, como los cuales podrían ser: conocer en que condición está entrando la cantidad de minerales y su PH para la aplicación de los productos químicos. Dado a que todos los productos deben aplicarse en un PH neutro, por eso la necesidad del sistema de monitoreo. Además de ello permitiría saber si el PH de esa agua no está regularizado, entonces a base de ello se toma una decisión de aplicar un foliar para regularizar estas aguas y así después proceder con la dosificación de los productos químicos. En cuanto a los parámetros que conoce son el potasio, nitrógeno, fosforo, molibdeno, PH, calcio, zinc, boro, manganeso.

La tercera persona fue al presidente asociación de arroceros del Espinal, el cual indica que, si le gustaría tener un sistema de monitoreo, porque manifiesta que estas aguas de ríos pueden venir en diferentes tipos de composición química y estos factores que traen estas aguas pueden afectar al cultivo. En relación a esto el Ing. comenta que sin duda la calidad del agua puede ayudar en la dosificación agrícola, en el ámbito de conocer como están las aguas para poder ser trabajadas, por ejemplo, el indico que si le encuentran ciertos minerales que estén en exceso, él se evitaría de comprar productos químicos que tengan esos minerales, ya que esto provocaría un desperdicio porque la planta absorbe lo que necesita. sin embargo, recalcó que no es lo único que se debe medir, ya que también se debe considerar el suelo para llevar un análisis más completo. Por último, el Ing. indico que los parámetros que el conoce para medir la calidad del agua son las sales, PH y conductividad eléctrica.

### **3.3 Resultados de la entrevista**

Como resultado de la entrevista se puede apreciar de manera resumida que los ingenieros si les gustaría tener un sistema de monitoreo del agua, porque evidentemente les ayudaría a observar en que calidad está llegando al cultivo, ya sea que estos vengan salinos, ácidos, o alcalinos. Además de ello manifestaron que el PH y la conductividad eléctrica son claves en este análisis, ya que estos parámetros tienen rangos de medición

y según en base de ellos se pueden recomendar ciertos productos químicos para su regulación.

### **3.4 Resultado de pruebas**

Las pruebas funcionamiento se encargan principalmente de verificar que las funcionales desarrolladas en el sistema cumplan con sus especificaciones, las pruebas se basan en los requerimientos funcionales o metáforas los mismos que puede estar o no dementados e inclusive sobre un módulo seleccionado del sistema (pmoinformatica, 2014)

Asimismo, las pruebas de funcionalidad se pueden realizar de forma manual o automatizada, pero sin embargo es necesario que se siga un procedimiento para la ejecución de las mismas como lo sugiere Kibernum en su página, para la ejecución de la prueba primero se debe realizar un análisis de los requerimientos a evaluar (Kibernum, 2017).

Por otro lado, según Pressman menciona que: las pruebas funcionalidad de los sistemas se aplican a cada una de las etapas de la construcción de un proyecto de software, el propósito de esta actividad es poder validar y verificar el correcto funcionamiento de las partes que conforman el software (Pressman, 2010).

Durante la presentación de pruebas funcionales del sistema de monitoreo, se realizaron mediante el uso de caja negra, la cual se basa en el testeo de las funcionalidades de los requisitos o aplicación mediante casos de prueba, de los cuales el caso 1 será la descripción de los procesos de casos de prueba (Ver en tabla 6), caso 2 las pruebas de calibración del módulo PH (Ver en tabla 7), caso 3 las pruebas de envío de datos al ThinkSpeak (Ver en tabla 8), caso 4 él envió de alertas por SMS (Ver en tabla 9), caso 5 la calibración del módulo NPK (Ver en tabla 10) y por último el caso 6 para las pruebas de encendido del sistema de monitoreo (Ver en tabla 11).

**Tabla 5:** Descripción de los procesos de casos de prueba

<b>Proceso</b>	<b>Descripción</b>
Numero de caso de prueba	Numero de orden del caso de prueba.
Modulo	Nombre del módulo al que pertenece.
Caso de prueba	Nombre del caso de prueba a aplicar.
Entrada	Peticiones que son ingresadas al sistema.
Salida	Resultados que pueden aparecer.
Procedimiento	Pasos que realiza el usuario para las pruebas.
Resultado del	Descripción del cumplimiento de la petición del usuario.

Adoptado por: (Leon, 2021)

## Caso prueba 1

**Tabla 6:** Caso de prueba calibración del sensor PH

Proceso		Descripción
Numero de caso de prueba	1	
Modulo		Sensor PH
Caso de prueba		Calibrar las sondas
Entrada		<ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar el sensor con un recipiente con el buffer calibrador de 4.0</li><li>• Colocar el sensor con un recipiente con el buffer calibrador de 7.0</li><li>• Colocar el sensor con un recipiente con el buffer calibrador de 9.0</li></ul>
Salida		<ul style="list-style-type: none"><li>• Sensor tomaba las muestras en rangos de 0 – 3.9 de PH.</li><li>• Sensor tomaba las muestras en rangos de 4 – 7.9 de PH.</li><li>• Sensor tomaba las muestras en rangos de 8 – 9.9 de PH.</li></ul>
Procedimiento		<ul style="list-style-type: none"><li>• Diluir el buffer en polvo en 250ml de agua.</li><li>• Mezclar correctamente el agua con el buffer.</li><li>• Colocar el sensor</li><li>• Observar las muestras si las toma correctamente.</li><li>• Sensor guarda la información de su calibración correctamente</li></ul>
Resultado		Sensor PH correctamente calibrado con todos los rangos.

## Caso Prueba 2

**Tabla 7:** Caso de prueba calibración del sensor TDS

Proceso	Descripción
Numero de caso de prueba	2
Modulo	Sensor TDS
Caso de prueba	Calibrar la sonda
Entrada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar el sensor con un recipiente con el buffer calibrador de 1382 ppm</li><li>• Colocar el sensor con un recipiente con el buffer calibrador de 1500 ppm</li><li>• Colocar el sensor con un recipiente con el buffer calibrador de 12.41</li></ul>
Salida	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sensor tomaba las muestras en @ 25°C. HI70032P</li><li>• Sensor tomaba las muestras en rangos en @ 25°C. HI70442P</li><li>• Sensor tomaba las muestras en rangos en @ 25°C. HI7036L</li></ul>
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diluir el buffer en polvo en 250ml de agua.</li><li>• Mezclar correctamente el agua con el buffer.</li><li>• Colocar el sensor</li><li>• Observar las muestras si las toma correctamente.</li><li>• Sensor guarda la información de su calibración correctamente</li></ul>
Resultado	Sensor TDS correctamente calibrado con todos los rangos.

### Caso Prueba 3

**Tabla 8:** Caso de prueba envío de datos al ThinkSpeak

Proceso	Descripción
Numero de caso de prueba	3
Modulo	Sim 800L
Caso de prueba	Pruebas de envío de datos a la nube ThinkSpeak
Entrada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Envío de 6 valores al ThinkSpeak</li></ul>
Salida	<ul style="list-style-type: none"><li>• Llegada de los 6 valores en 25s a la plataforma.</li></ul>
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se coloca una sim con datos móviles</li><li>• El Arduino recoge la información de los 6 datos (PH, N, P, K, TEMPERATURA, TDS)</li><li>• El módulo sim 800L envía los datos al ThinkSpeak</li></ul>
Resultado	Modulo sim 800L envía correctamente los datos.

## Caso Prueba 4

**Tabla 9:** Caso de prueba Envió de alerta por SMS.

Proceso	Descripción
Numero de caso de prueba	4
Modulo	Sim 800L
Caso de prueba	Pruebas de envío de alerta por SMS.
Entrada	<ul style="list-style-type: none"><li>Validación de rangos de los valores encontrados para cuando se encuentre valores fuera de los rangos se enviará una alerta.</li></ul>
Salida	<ul style="list-style-type: none"><li>Envió de alerta por SMS.</li></ul>
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"><li>Se coloca una sim con mensajes ilimitados</li><li>El Arduino recoge la información de los 6 datos (PH, N, P, K, TEMPERATURA, TDS)</li><li>El módulo sim 800L envía una alerta en 5s cuando se encuentran valores declarados fuera de su rango normal.</li></ul>
Resultado	Modulo sim 800L envía correctamente la alerta.

## Caso Prueba 5

**Tabla 10:** Caso de prueba calibración del sensor de NPK

<b>Proceso</b>	<b>Descripción</b>
Numero de caso de prueba	5
Modulo	Sensor NPK
Caso de prueba	Calibración del sensor NPK
Entrada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Validar si los datos marcados son correctos.</li></ul>
Salida	<ul style="list-style-type: none"><li>• Obtención de datos reales.</li></ul>
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se coloca una muestra 25g de fertilizante que contiene NPK disuelta en 1L de agua.</li><li>• Se realiza una regla de 3 para sacar cuanto % equivale 25g en 1L de agua, y el porcentaje que da como resultado debe ser el mismo que viene marcado en el empaque del fertilizante.</li><li>• Así mismo hacer con cada uno de los 3 elementos (Nitrógeno, fosforo, potasio).</li></ul>
Resultado	Sensor NPK calibrado.

## Caso Prueba 6

**Tabla 11:** Caso de prueba encendido del sistema de monitoreo.

<b>Proceso</b>	<b>Descripción</b>
Numero de caso de prueba	6
Modulo	Sistema completo
Caso de prueba	Encendido del circuito completo
Entrada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ingreso de energía y encendido del switch</li></ul>
Salida	<ul style="list-style-type: none"><li>• Encendido y autoconfiguración del sistema de monitoreo.</li></ul>
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se coloca la fuente externa de poder de 12V al conector del step Down para alimentar todo el circuito.</li><li>• Encender el switch de encendido de la caja.</li><li>• Esperar 10s que se cargue (configure) todo el sistema.</li></ul>
Resultado	Sistema de monitoreo funcionando y tomando datos.

### 3.4 Prueba de validación de aceptación funcional

La validación de expertos según para Robles y Rojas es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación (Robles y Rojas, 2015 ). Así mismo, Cabero & Llorente manifiesta que “consiste, básicamente, en solicitar a una serie de personas la demanda de un juicio hacia un objeto, un instrumento, un material de enseñanza, o su opinión respecto a un aspecto concreto (Cabero y Llorente, 2013).

Bajo estas premisas, dentro de este trabajo se realizó 3 entrevistas con escala de Likert (ver formato en anexo 3) a diferentes expertos para la evaluación de las pruebas funcionales del prototipo. (ver en anexo 4) Esta encuesta está dividida en cuatro secciones, las cuales se detallan a continuación en la tabla 12.

**Tabla 12.** Criterios de evaluación de la encuesta de pruebas de aceptación funcional.

Sección	Indicador	Criterio de la sección
1	ASPECTOS FUNCIONALES Y DE UTILIDAD	Busca identificar la relevancia, facilidad de uso y comunicación de las funciones, Es la validación
2	ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTÉTICOS	física del prototipo, donde incluye su estructura visual, originalidad, organización y su estética.
3	ASPECTOS PSICOLÓGICOS	Es la verificación de su funcionalidad, viabilidad e interés del experto.
4	VALORACIÓN GLOBAL DEL SISTEMA	Busca encontrar su funcionalidad, utilidad, y

Para la validación del prototipo y sus funciones mediante la encuesta se llevó a cabo a los siguientes expertos para la evaluación del sistema de monitoreo, los mismos que se detallan en la siguiente tabla 13 a continuación:

**Tabla 13.** Expertos para la validación del prototipo

---

Persona	Cargo
Experto 1	Presidente de la asociación de arroceros los caídos
Experto 2	Presidente de la asociación de arroceros el Espinal
Experto 3	Ing. Agrónomo, Master en riego y drenaje, Docente de la Universidad Ecotec

---

### 3.5 Resultados de la encuesta de pruebas de aceptación funcional

Mediante este apartado se muestran los resultados obtenidos de las encuestas de pruebas de aceptación funcional mediante la tabla 14. Es importante recalcar que esta encuesta se la valora entre 1 siendo muy malo y 5 excelente.

**Tabla 14.** Resultados obtenidos en la encuesta de validación de expertos

Expertos	ASPECTOS FUNCIONALES			ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTÉTICOS							ASPECTOS PSICOLÓGICOS		VALORACIÓN GLOBAL		Media	Valoración
	Relevancia e interés	Facilidad de uso	Facilidad de comunicación	Entorno audiovisual	iconicidad	Calidad y estructura	ejecucion	originalidad y uso	interacción	estética y entorno	Interes, atractivo	funcionalidad	Calidad técnica	utilidad		
1	4	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4,64285714	Excelente
2	4	5	4	4	4	5	5	5	3	4	5	4	4	5	4,35714286	Bueno
3	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4,78571429	Excelente

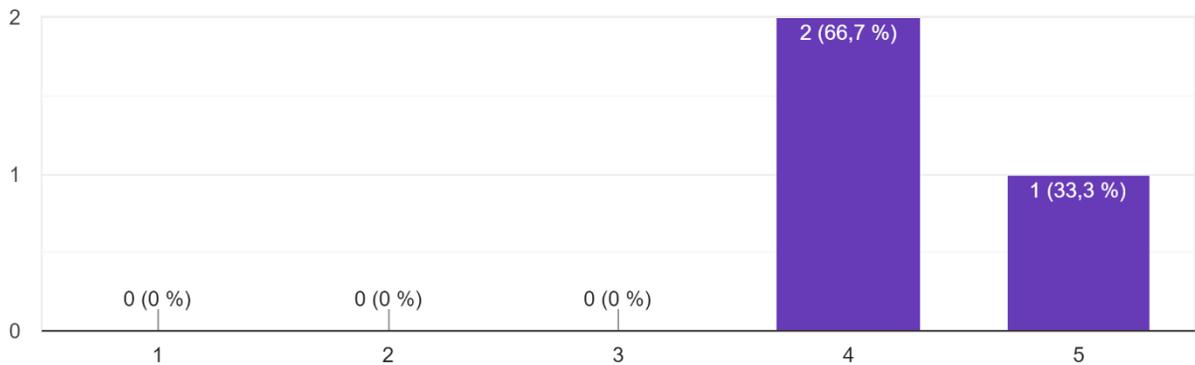
Se puede concluir que la prueba de aceptación funcional del prototipo fue exitosa, ya que se lograron excelentes resultados en cada sección construida, teniendo dentro de sus resultados promedios valores mayores a 4,35 (Bueno), estas encuestas ejecutadas las remito al anexo, así mismo a continuación se detalla los resultados de cada pregunta de la encuesta:

## Pregunta 1

De acuerdo a la figura 22 se puede observar que dos (66,7%) de los encuestados dan como valoración 4 (Bueno) y uno (33,3%) un 5 (Excelente) a la relevancia e interés de las funciones del prototipo.

**Figura 22.** Relevancia, Interés de las funciones

3 respuestas

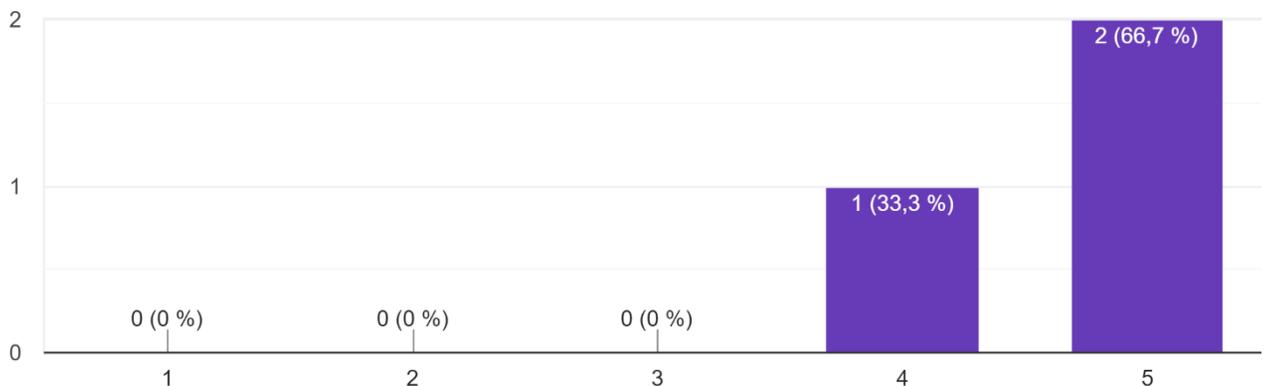


## Pregunta 2

Según la figura 20, muestra que el 66,7% de las personas indican que es excelente y el 33,3% que es bueno la facilidad de uso del prototipo, además de ser claro y amigable (Ver en figura 23).

**Figura 23.** Facilidad de uso (entorno claro y amigable)

3 respuestas

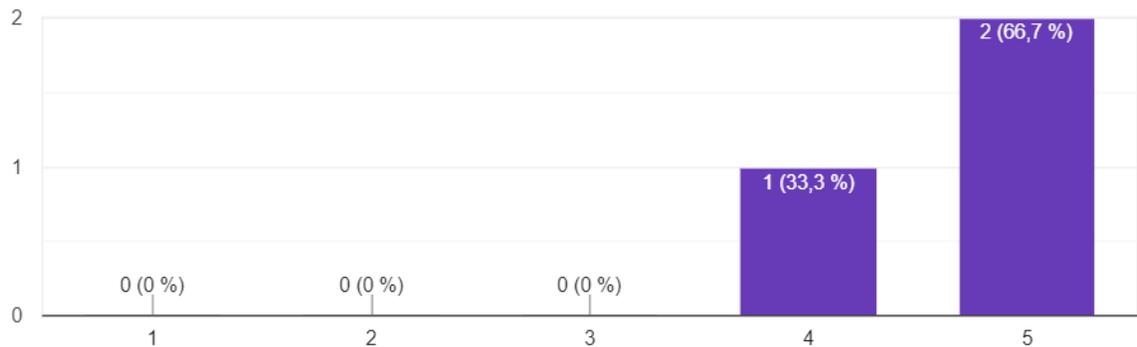


### Pregunta 3

Según la figura se puede connotar que el 66,7% de los encuestados consideran excelente que el prototipo tiene una facilidad de comunicación entre el sistema y cliente, mientras que un 33,3% consideran que es bueno (Ver en figura 24).

**Figura 24.** Facilidad de comunicación entre el sistema y cliente

3 respuestas

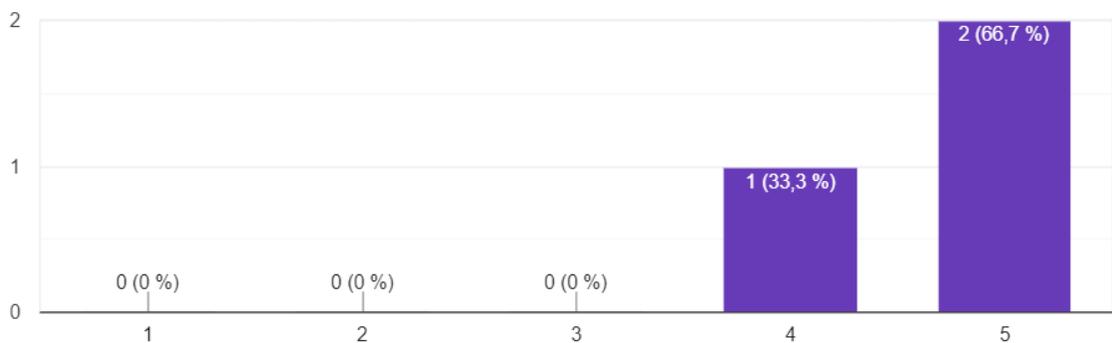


### Pregunta 4

De acuerdo con la figura se puede observar que el 66,7% de los encuestados creen que el entorno audiovisual del prototipo es excelente, mientras que un 33,3% que es bueno (Ver en figura 25).

**Figura 25.** Entornos audiovisuales (presentaciones, pantallas, letras)

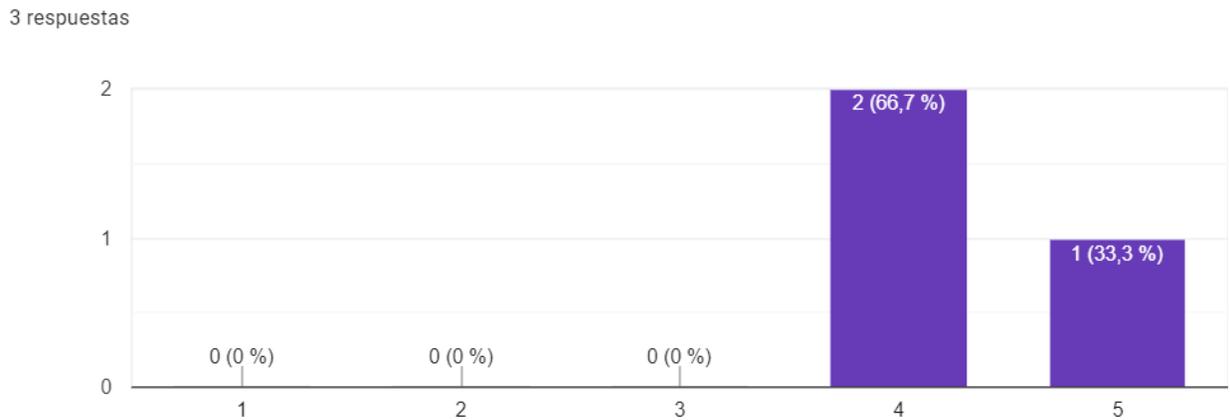
3 respuestas



### Pregunta 5

Según la imagen se puede apreciar que el 66,7% de los encuestados consideran que es buena la iconicidad o presencia de elementos gráficos dentro del prototipo, por otro lado, el 33,3% manifiesta que es excelente esta interacción (Ver en la figura 26).

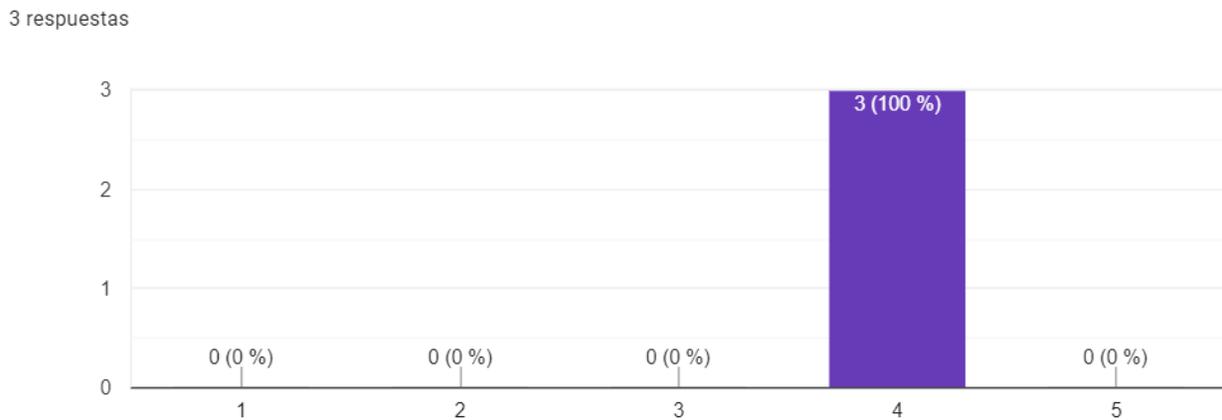
**Figura 26.** Iconicidad, presencia de elementos gráficos



### Pregunta 6

De acuerdo con la imagen se puede ver que el 100% de los encuestados consideran que la calidad y estructura de los elementos del prototipo son buenos.

**Figura 27.** Calidad y estructura de elementos

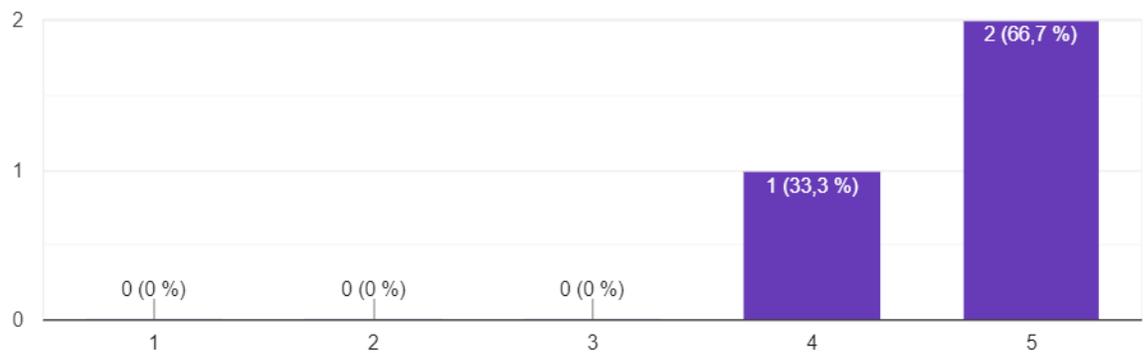


### Pregunta 7

Según la figura se puede observar que el 66,7% de encuestados consideran excelente al prototipo con una ejecución fiable y adecuada. Mientras tanto un 33,3% que es buena (Ver en la figura 28).

**Figura 28.** Ejecución fiable, velocidad de acceso adecuada

3 respuestas

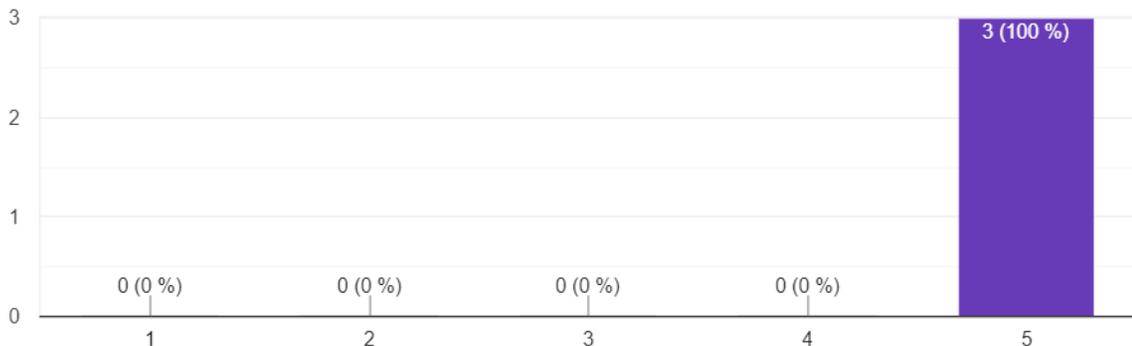


### Pregunta 8

De acuerdo con la figura se puede apreciar que el 100% de los encuestados manifiestan que es excelente la originalidad en su construcción en base al uso de recursos tecnológicos adecuados (Ver en figura 29).

**Figura 29.** Originalidad y uso de tecnología adecuada.

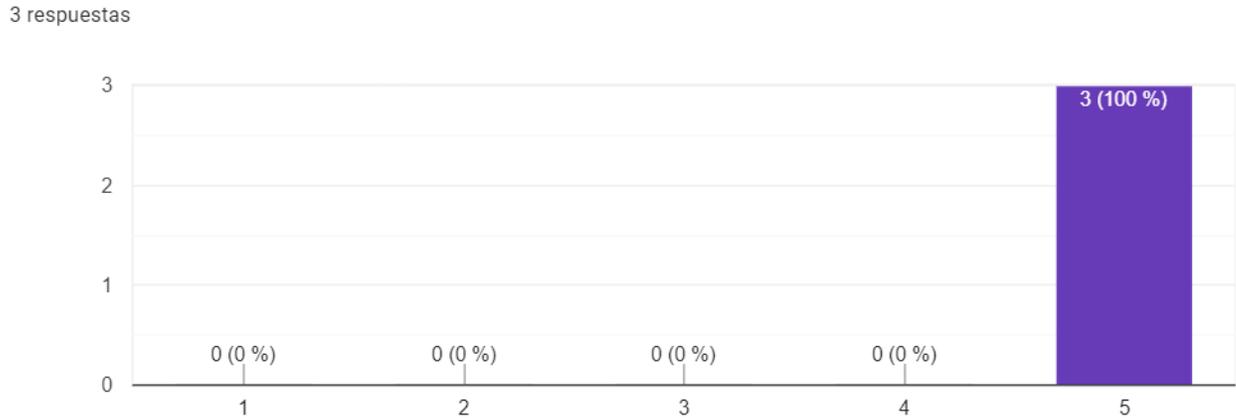
3 respuestas



### Pregunta 9

Por medio de esta figura se observa que el 100% de las personas respondieron que es excelente la interacción entre el prototipo y el usuario. (Ver en figura 30).

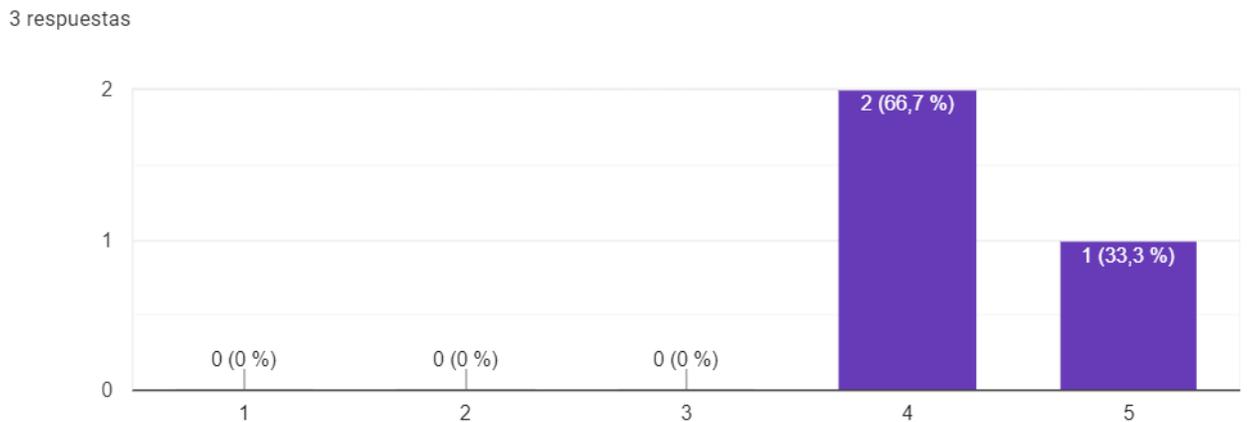
**Figura 30.** Interacción con el usuario



### Pregunta 10

Lo que se puede observar de esta pregunta es que un 66,7% considera que el prototipo es bueno estéticamente y agradable, mientras que un 33,7% que es excelente (Ver en la figura 31).

**Figura 31.** Estética y entorno agradable

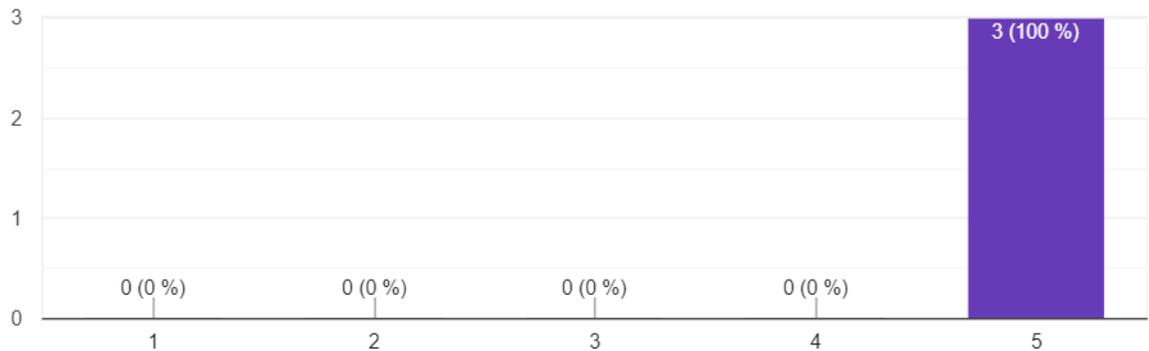


### Pregunta 11

La figura muestra que el 100% de los encuestados consideran que el prototipo es atractivo e interesante (Ver en la figura 32).

**Figura 32.** Capacidad de motivación (atractivo e interés)

3 respuestas

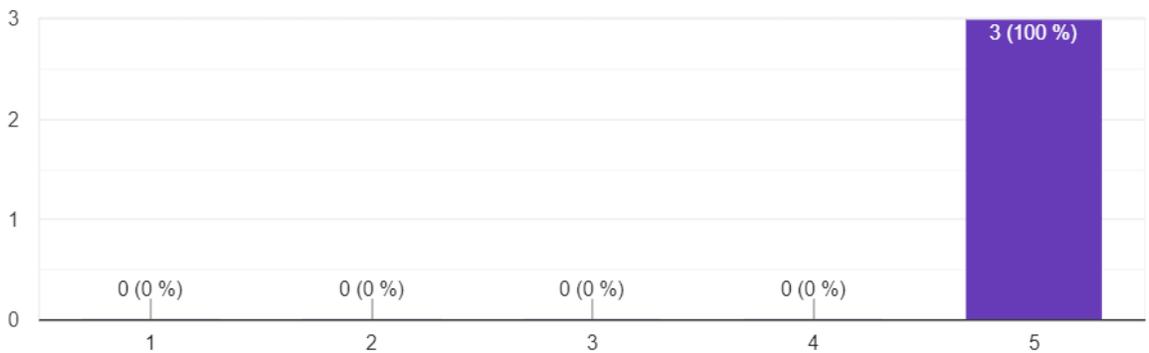


### Pregunta 12

Dentro de esta figura se puede visualizar que el 100% de los encuestados consideran excelente la funcionalidad del prototipo desarrollado (Ver en figura 33).

**Figura 33.** Funcionalidad

3 respuestas

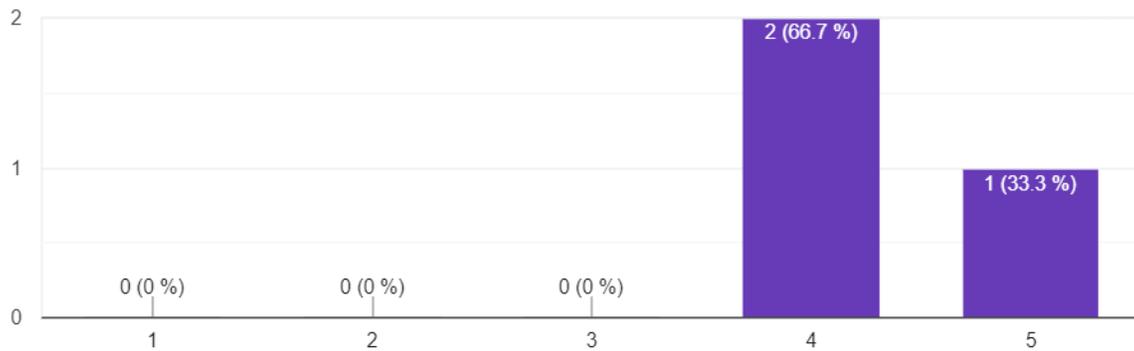


### Pregunta 13

Mediante esta figura se puede observar que un 66,7% de encuestados consideran que es buena la calidad técnica del sistema de monitoreo, sin embargo, un 33,3% lo ve excelente (Ver en la figura 34).

**Figura 34.** Calidad técnica

3 respuestas

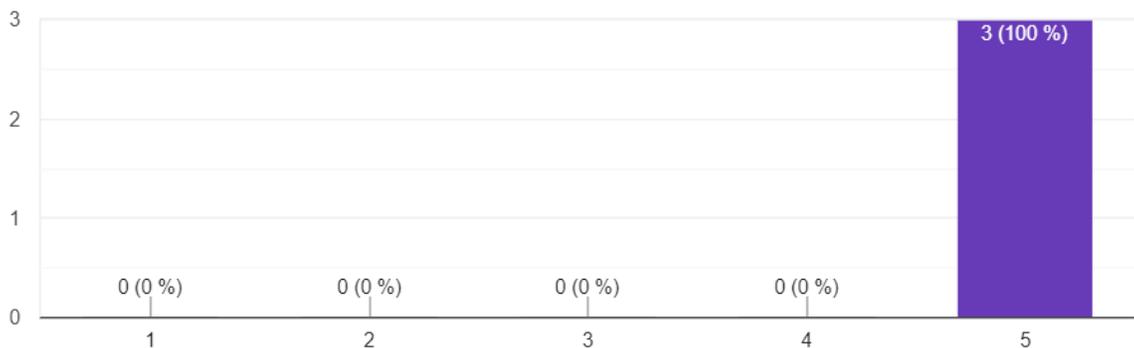


### Pregunta 14

Por medio de esta figura se puede observar que el 100% de encuestados consideran que es excelente la utilidad de este prototipo dentro del área en que se desarrolló (Ver en la figura 35).

**Figura 35.** Utilidad

3 respuestas



## **Capítulo 4 - Implementación de propuesta Tecnológica**

En este capítulo se presenta el desarrollo de la metodología de microciclo ROPES, la cual esta detallada en el capítulo 1 del marco teórico. Esta metodología está conformada por 5 fases: compromiso, análisis, diseño, transformación y prueba. Cuya finalidad es conocer cómo se llevó a cabo el proceso del desarrollo del prototipo del sistema de monitoreo de agua.

## 4.1 Compromiso / Party

Dentro de esta fase se detalla la planificación de las actividades que se ha tenido como objetivo del trabajo realizado, lo cual se realizó un cronograma con las actividades que se realizaron en el prototipo desde el 1 de septiembre hasta el 1 de noviembre del 2022, utilizando el programa Excel (Ver en la tabla 15).

**Tabla 15.** Cronograma de actividades del prototipo

Actividad	Fecha Inicial	Fecha Final
Búsqueda de información sobre las placas de comunicación	1/9/2022	5/9/2022
Búsqueda de información sobre los sensores	6/9/2022	11/9/2022
Búsqueda de información sobre la nube	12/9/2022	17/9/2022
Compra y llegada de elementos para el proyecto (Importación)	18/9/2022	28/9/2022
Descarga de librerías y cargadas al Arduino desktop	29/9/2022	2/10/2022
Pruebas de sensores por separado	3/10/2022	9/10/2022
Envío de datos a la nube ThinkSpeak	10/10/2022	14/10/2022
Diseño de prototipo para la maqueta	15/10/2022	21/10/2022
Compra de caja eléctrica multiusuario	22/10/2022	23/10/2022
Armado de prototipo	24/10/2022	26/10/2022
Prueba de todo el prototipo en general	27/10/2022	1/11/2022



## 4.2 Análisis

En esta fase de análisis se destaca el levantamiento y descripción de los requerimientos funcionales del prototipo, los cuales han sido dado mediante una relación entre la revisión bibliográfica acerca de los sistemas de monitoreo, así mismo apoyada bajo un el profesional como es el ing. agrónomo Francisco Suárez con Master en automatización en riego y drenaje agrícola quien ha estado interactuando en varios procesos y etapas de las pruebas del prototipo, como es el diseño, calibración de sensores y formas de recolectar los datos. (Ver en tabla 16),

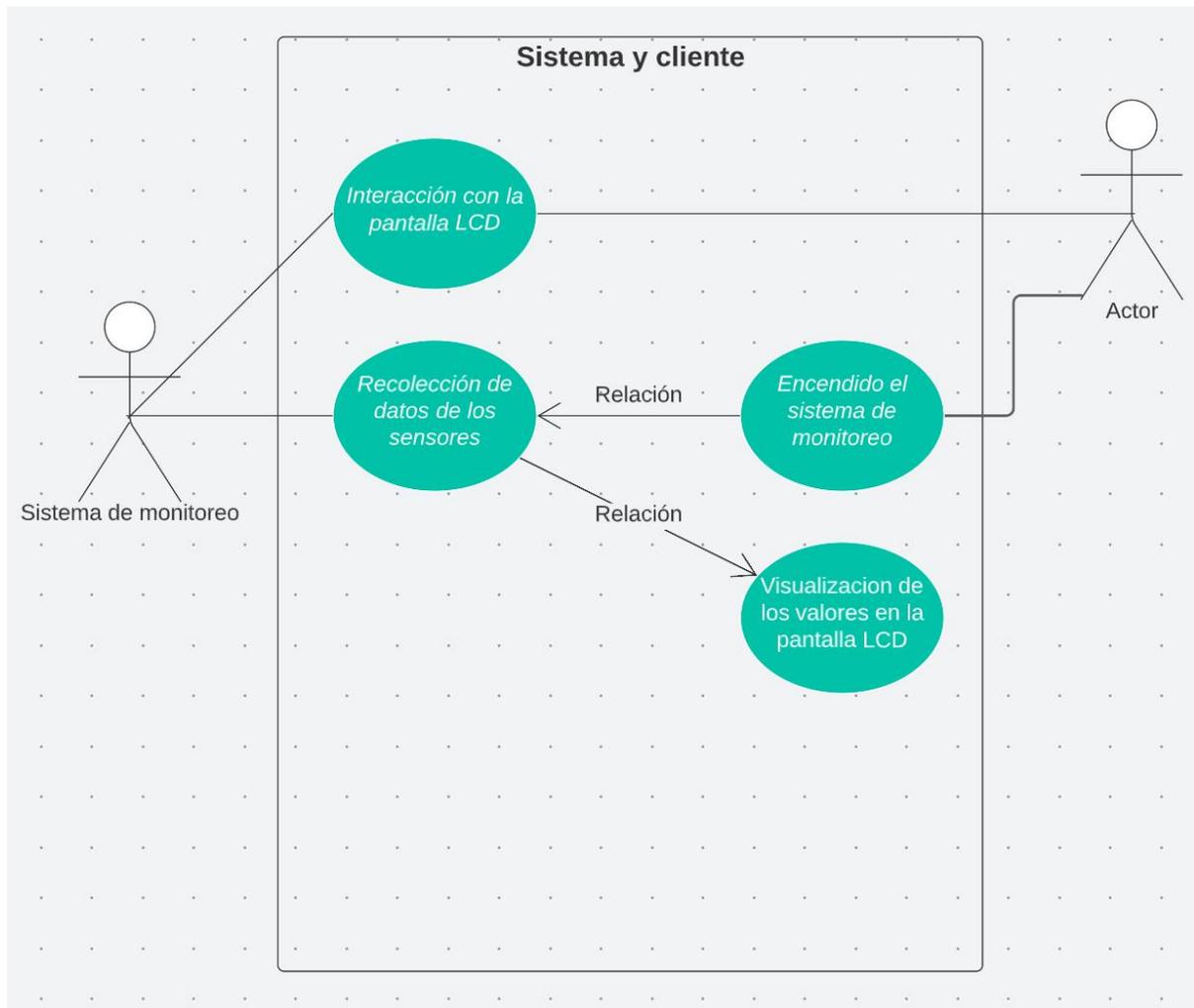
**Tabla 16. Requerimientos del prototipo**

Requerimientos
Interactividad cliente y prototipo
Comunicación de sensores con el Arduino
Envío de datos a la nube (ThinkSpeak)
Muestra de datos en el LCD 24x4
Comunicación sim800L con la nube

### Interacción cliente y Prototipo por pantalla LCD 24x4

En esta interacción es entre el actor y el sistema de monitoreo, en donde el actor enciende el prototipo con los 12V y comienzan los sensores a recolectar los datos y posterior a ello se muestran en la pantalla LCD 20x4. (Ver en figura 36)

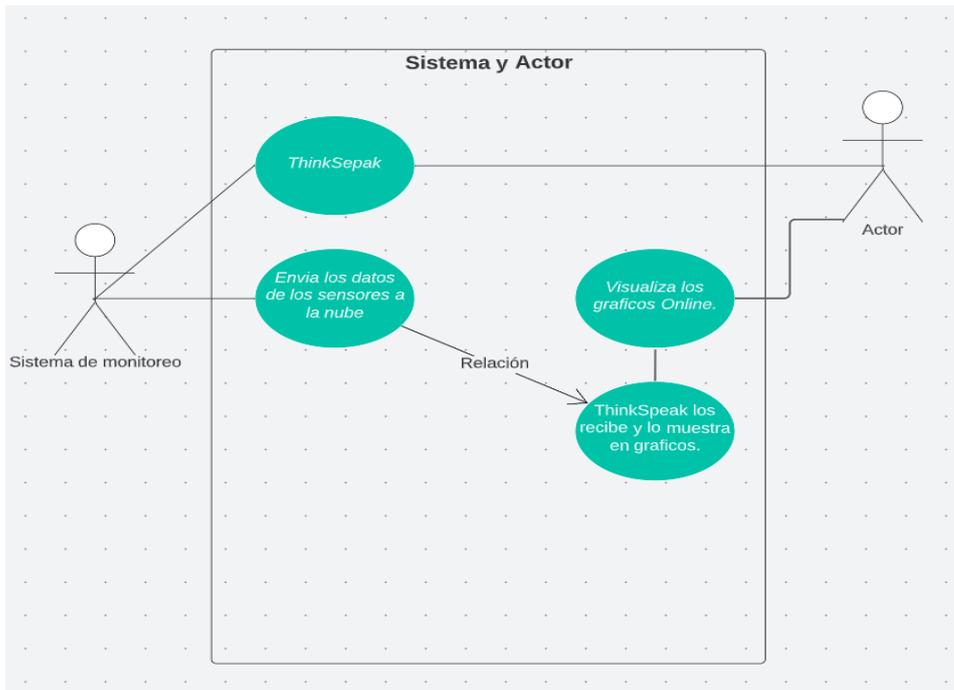
**Figura 36.** Interacción Sistema y cliente.



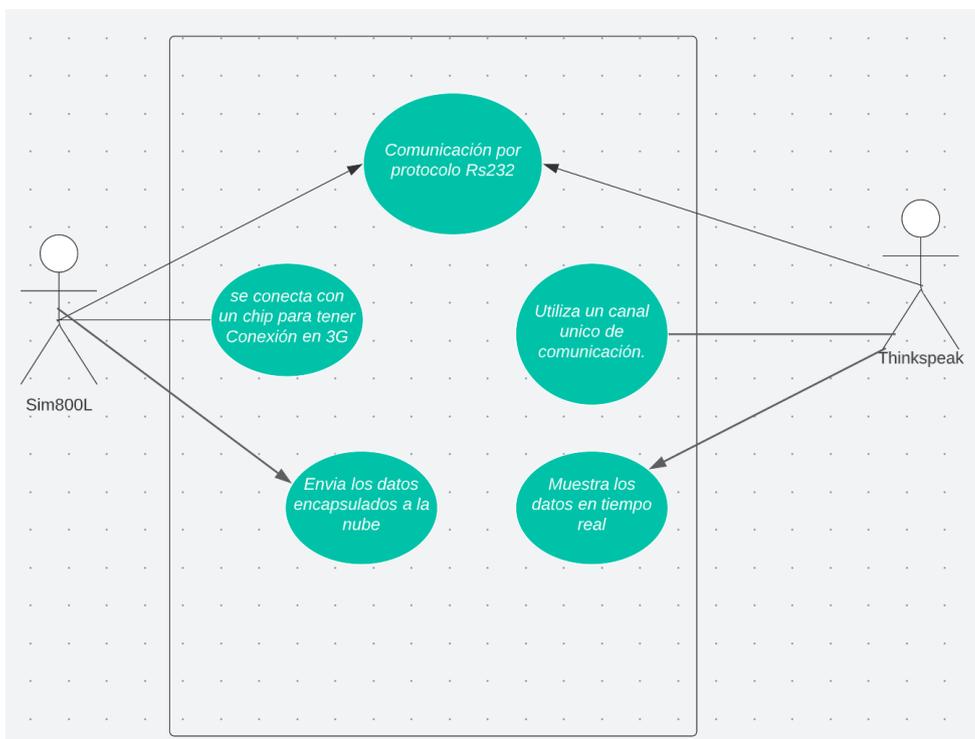
### Interacción cliente y prototipo con ThinkSpeak

En esta vinculación entre el sistema y el actor se da a través de la plataforma online ThinkSpeak(nube) ya que en esta aplicación se mostrarán los resultados de los sensores por medio de gráficos estadísticos en tiempo real, para que el actor vaya visualizando lo que se va captando. (Ver en figura 37)

**Figura 37. Interacción sistema y actor (Cliente)**



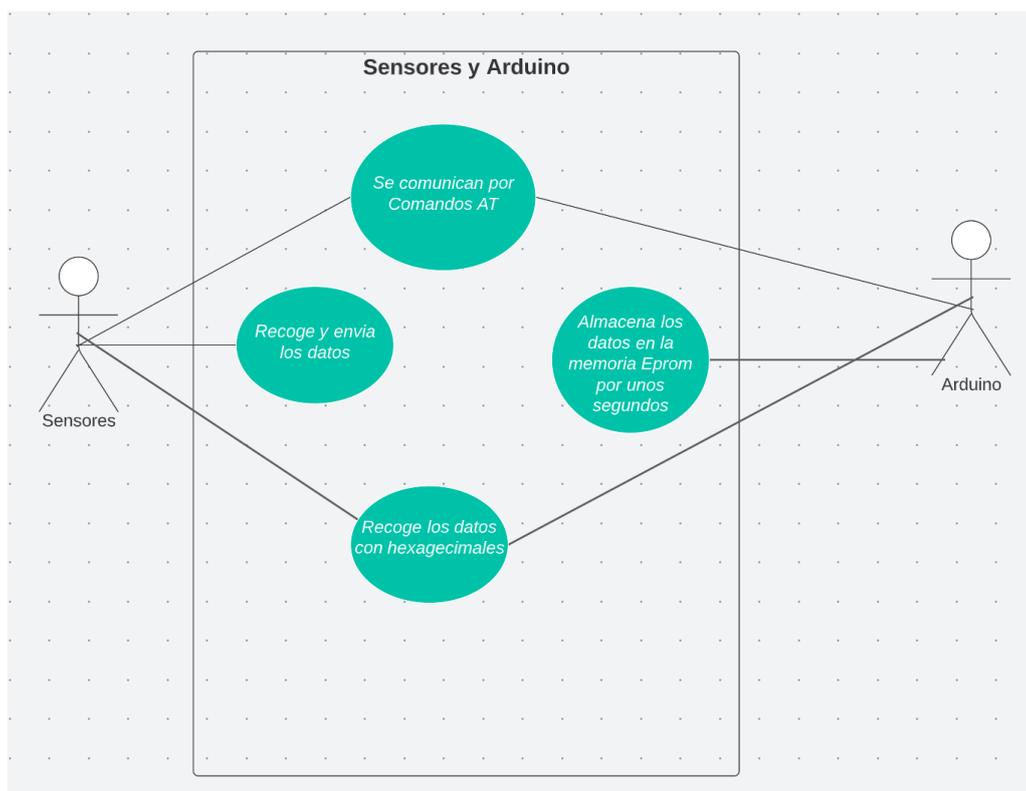
**Envío de datos a la nube (ThinkSpeak)**



## Comunicación de sensores con Arduino

Dentro de este diagrama se pueden observar las conexiones que hay por medio para que se comuniquen los sensores del prototipo con el Arduino mega 256. (Ver en figura 38)

**Figura 38.** Comunicación sensores y Arduino



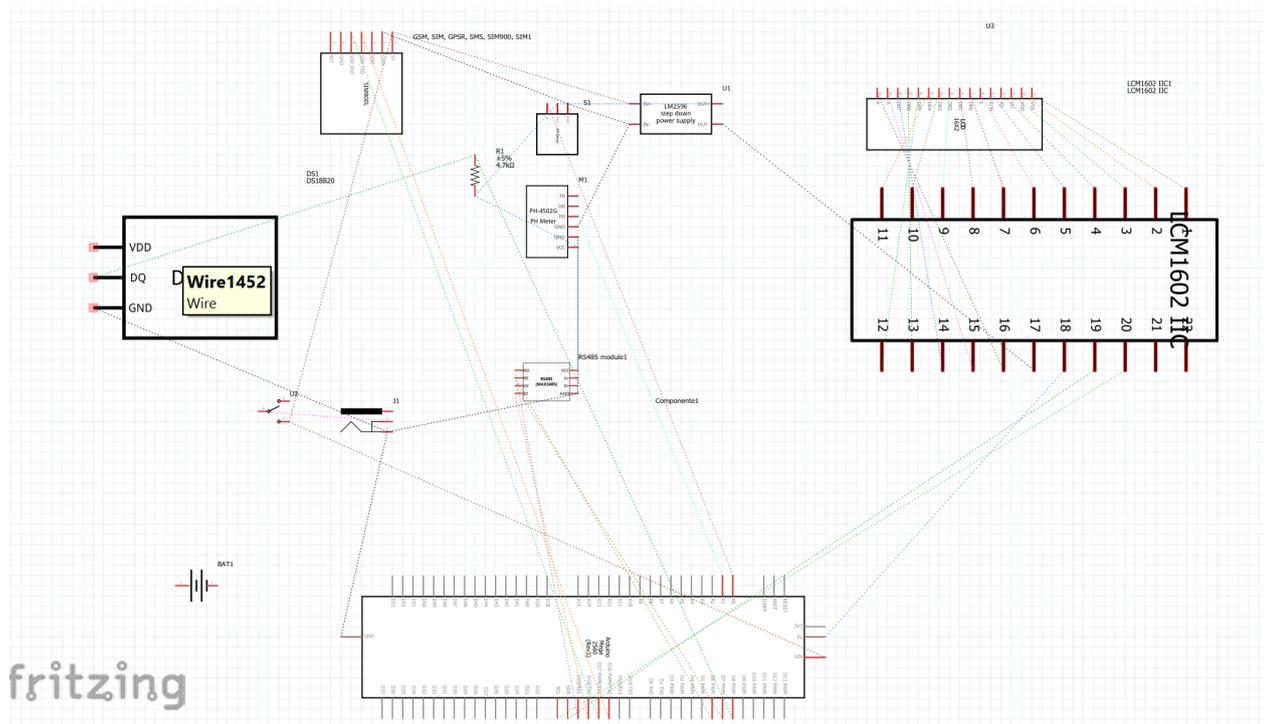
## 4.2 Diseño

En esta fase del diseño se mostrará en 5 fases de vista que corresponden a los aspectos estructurales del prototipo, las cuales son: vista de subsistemas y recursos, vista de concurrencias y recursos, vista de distribución, vista de seguridad y fiabilidad y vista de despliegue.

- **Vista de subsistemas y recursos**

Este tipo de vista hace referencia a los módulos y conexiones entre los componentes en un esquema electrónico, el cual estará representado en la aplicación de Fritzing (ver en la figura 39).

**Figura 39.** Vista del subsistema y diagrama de conexiones.

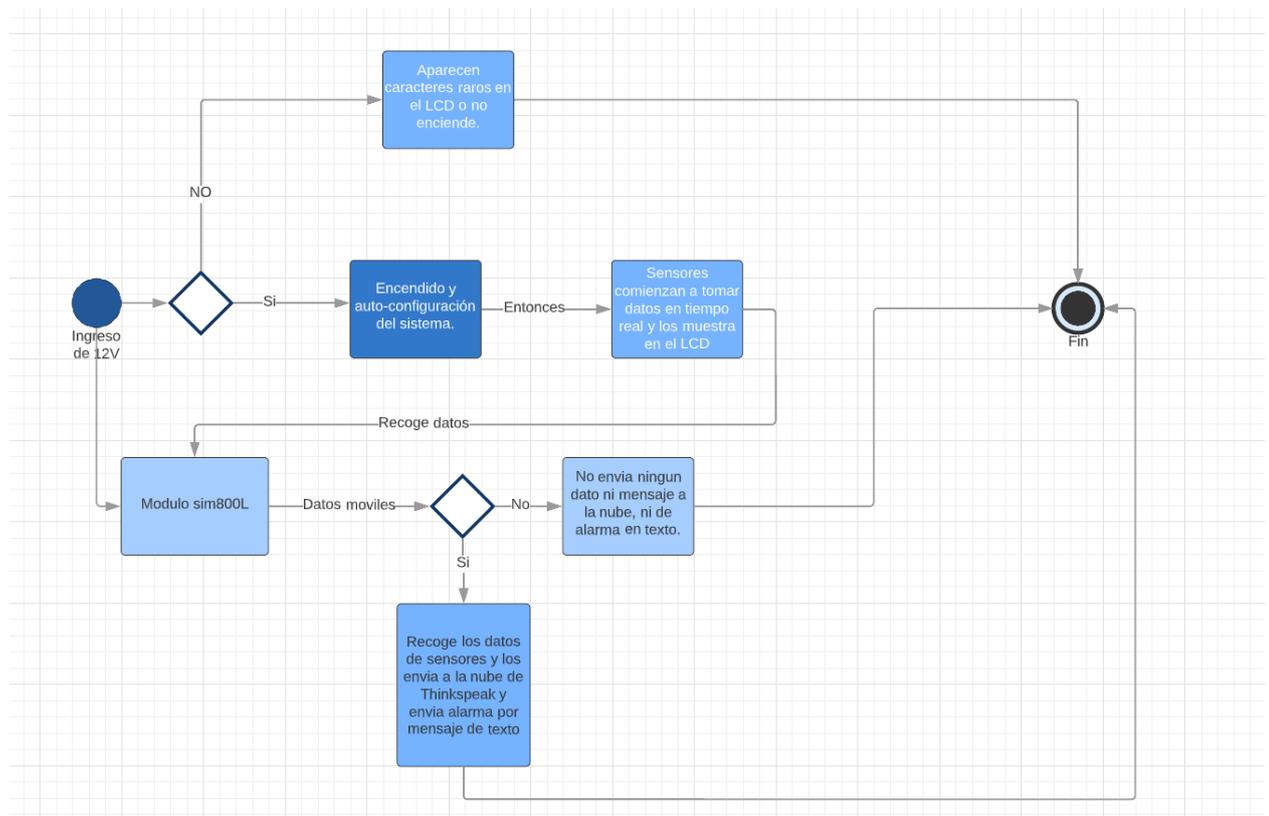


Nota: Elaboración propia (Fritzing desktop)

- **Vista de concurrencia y recursos**

Este tipo de vista hace referencia a la concurrencia total que hace el sistema de monitoreo desde que se enciende y todos los procesos que se llevan a cabo en su totalidad. Esta información se representa a través de la aplicación de lucidchart online (ver en la figura 40).

**Figura 40.** Esquema de concurrencia del sistema de monitoreo



Nota: Elaboración propia (Lucidchart online)

#### ▪ Vista de seguridad y Fiabilidad

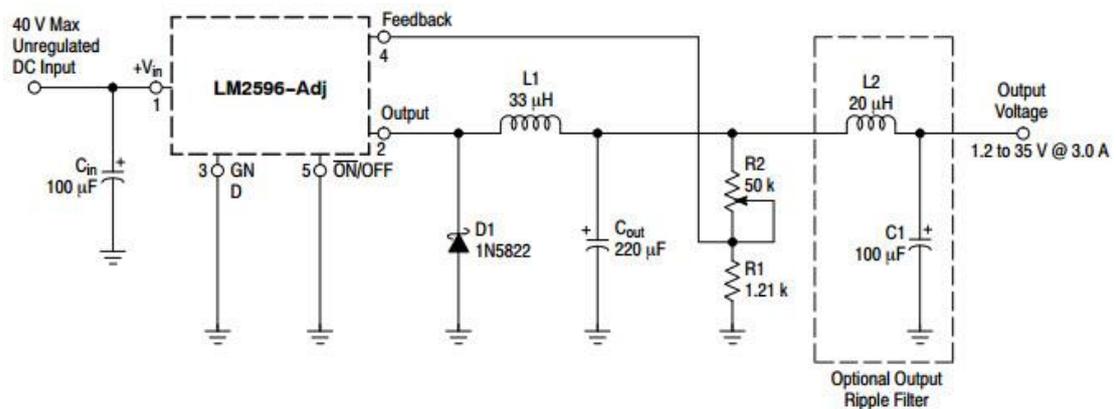
Mediante esta vista permitirá ver los niveles de redundancia necesarios para hacer fiable el sistema y su gestión contra fallos que puedan darse en la aplicación. Para asegurar la fiabilidad del sistema de monitoreo y su gestión en contra fallos, se está utilizando un módulo regulador de voltaje LM2596(ver en la figura 41 y 42) para la distribución inicial de los 12v, la misma distribuirá de manera automática y organizada los voltajes que requieran los demás módulos y sensores para mantener la funcionalidad del sistema.

**Figura 41.** Regulador de voltaje Step Down LM2596



Nota: Imagen obtenida de TECmikro Ecuador (<https://tecmikro.com/alimentacion-pilas-baterias/616-lm2596-modulo-regulador-step-down.html>)

**Figura 42.** Diagrama eléctrico regulador LM2596



Nota: Imagen obtenida de Arrow.com( <https://www.arrow.com/es-mx/reference-designs/typical-application-circuit-for-lm2596-12-to-35-v-adjustable-3a-power-supply-with-low-output-ripple/1fdb067d985f17ae6b9158e9de4232a3>)

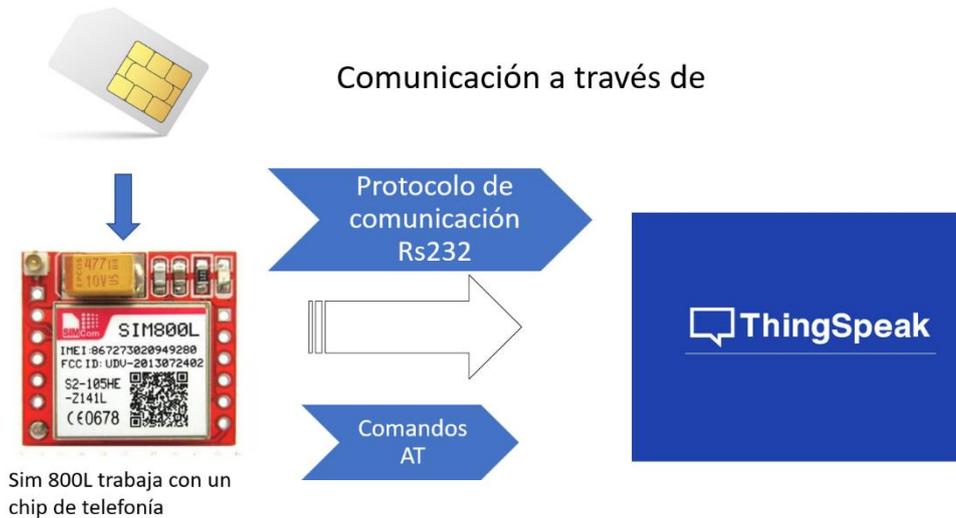
#### ▪ Vista de distribución

Este tipo de vista tiene como objetivo demostrar cómo es la comunicación de los sensores en conjunto de los softwares, protocolos de colaboración entre ellos.

- **Modulo sim800L con ThinkSpeak**

El uso del sim800L es básicamente para enviar y recibir datos con la plataforma ThinkSpeak, la cual se comunican a través del protocolo de comunicación Rs323 y comandos at, para que se pueda dar estas conexiones el módulo sim800L debe estar con un chip de cualquier compañía celular y paquete de datos (Ver en figura 43).

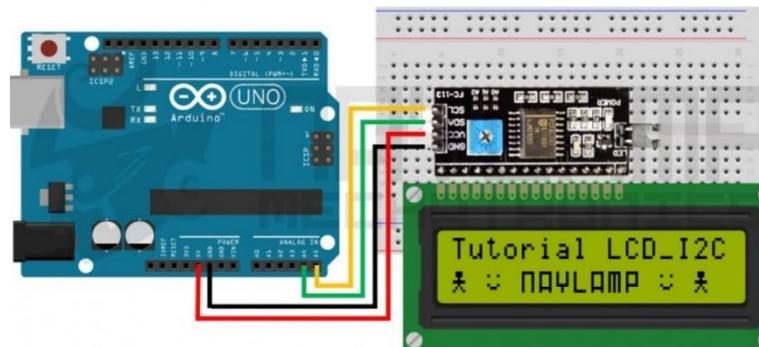
**Figura 43.** Comunicación entre sim800L y ThinkSpeak



- **LCD con Modulo I2c**

El uso del adaptador I2c es para simplificar la conexión hacia el Arduino, porque al conectarse directamente con la pantalla LCD, ayuda a liberar muchos puertos digitales para otras conexiones tal como se muestra en la figura 44. Además de ellos permite una mejor manipulación de los caracteres a presentar en la pantalla

**Figura 44.** Conexión entre LCD y adaptador I2c

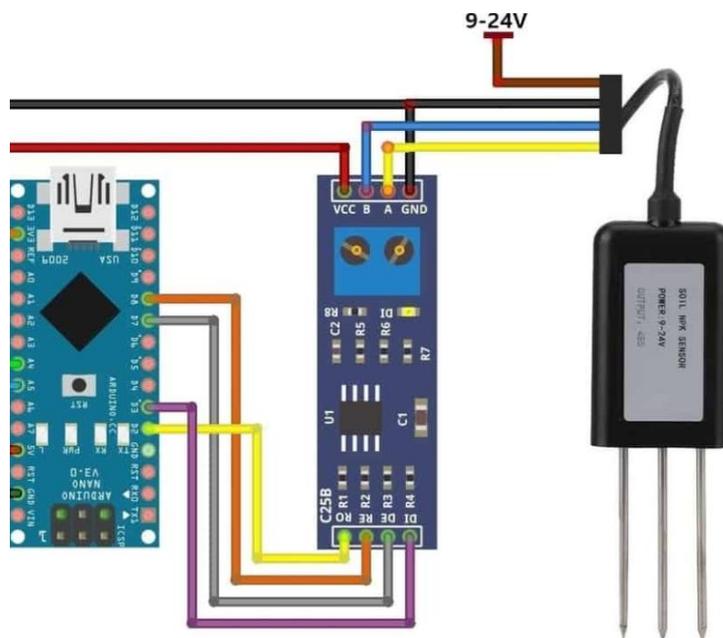


Nota: obtenido de Naylamp Electronics ([https://naylampmechatronics.com/blog/35\\_tutorial-lcd-con-i2c-control-un-lcd-con-solo-dos-pines.html](https://naylampmechatronics.com/blog/35_tutorial-lcd-con-i2c-control-un-lcd-con-solo-dos-pines.html))

- **Comunicación entre Sensor NPK con modulo Rs285**

El sensor NPK necesita obligatoriamente un módulo de comunicación analógica Rs485 para su comunicación hacia el arduino y poder transmitir sus datos de manera hexadecimal ver en la figura 45.

**Figura 45.** Comunicación entre sensor NPK y módulo de comunicación Rs485

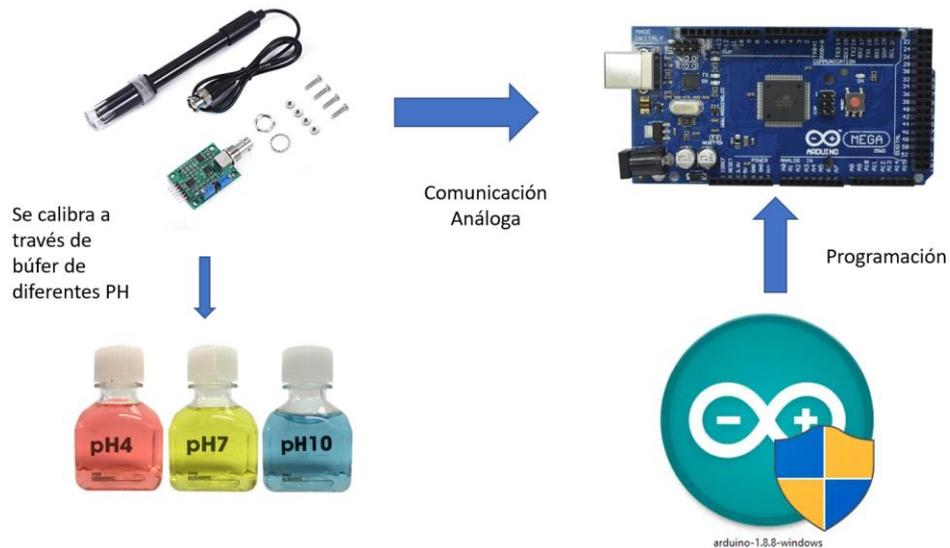


Nota: Obtenido de Arduino.cc (<https://forum.arduino.cc/t/max485-ttl-to-rs-485-modules-for-soil-npk-sensor/853077>)

- **Sensor PH con Arduino**

El uso del sensor PH está basado en una conexión analógica que toma datos de manera hexadecimal, además de ello este sensor se calibra primero antes de su uso con diferentes búferes de PH. (Ver en figura 46)

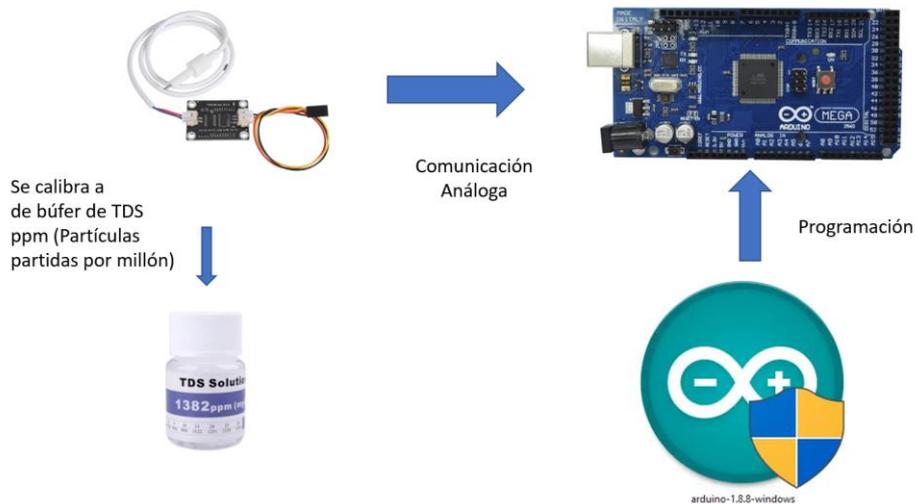
**Figura 46.** Uso y conexión de sensor PH con Arduino



- **Comunicación entre sensor TDS y Arduino**

El uso del sensor TDS está basado en una conexión análoga que toma datos de manera hexadecimal, además, este sensor se calibra primero antes de su uso con un búfer de TDS PPM. (Ver en figura 47)

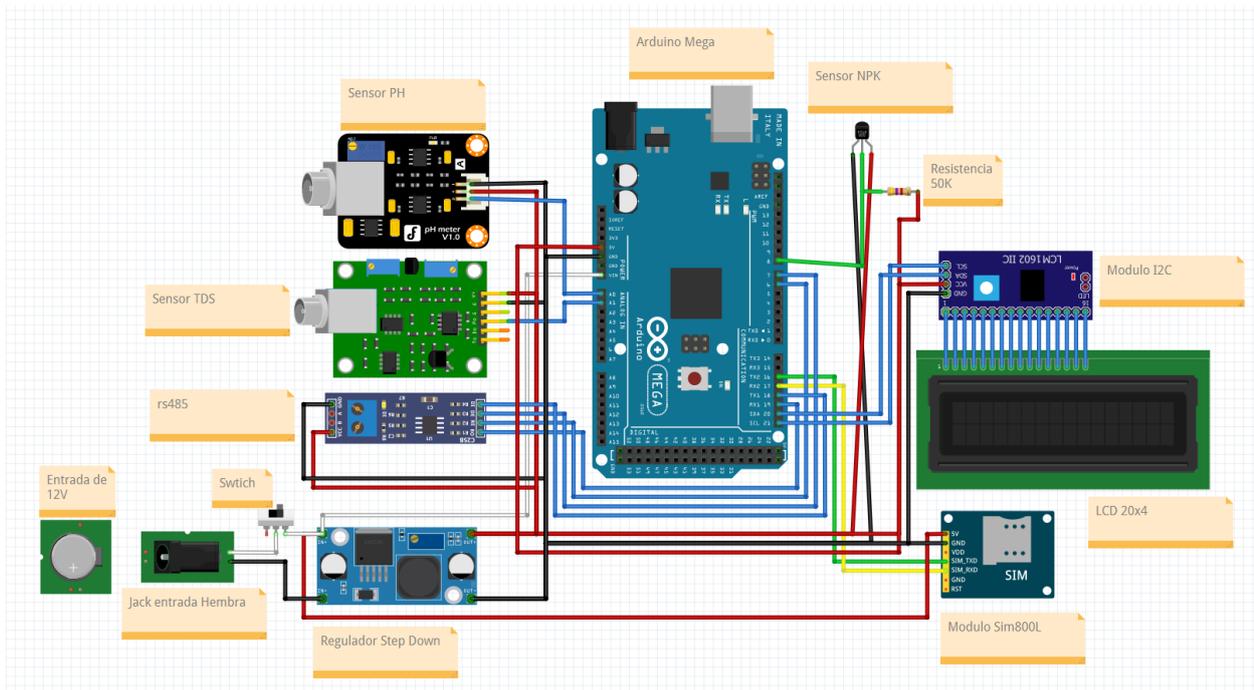
**Figura 47.** Uso y conexión de sensor TDS con Arduino



▪ **Vista de despliegue**

Hace referencia a los módulos, componente y recursos que constituye el sistema. Por lo cual serán demostrados a través de la figura 48 en la aplicación fritzing.

**Figura 48.** Esquema del proyecto con sus sensores y recursos



Nota: Elaboración propia (Aplicación Fritzing desktop)

### 4.3. Transformación

Dentro de esta fase es la generación de las librerías, código utilizado y compilado para el uso de todos los elementos que conforman al sistema de monitoreo. Por ello, es importante indicar que este código es generado gran parte por la aplicación Arduino IOT en la nube y cargados en arduino desktop 1.8.16 para los componentes físicos. Sumado a esto, las librerías fueron descargadas y compiladas desde el repositorio de arduino.cc. esta codificación se la encuentra en el anexo 5. Mientras que las librerías se detallan a continuación:

- **AltSoftSerial-master.zip:** Esta Librería sirve para que el Arduino reconozca todos los componentes que utilizan comunicación serial.
- **AnalogPHMeter.zip:** Librería para el sensor PH
- **DallasTemperature.zip:** Librería para el sensor de temperatura de 25°
- **GravityTDS-master.zip:** Librería para el sensor TDS o conductividad
- **LiquidCrystal\_I2C.zip:** Librería del módulo LCD 24x4
- **ModbusMaster-2.0.1.zip:** Librería de comunicación Max485 del sensor NPK
- **NPKCode.zip:** Librería del sensor NPK

- **OneWire.zip:** Librería de comunicación TDS y temperatura.

#### **4.4 Pruebas**

En esta fase se realizó un test de aceptación funcional del prototipo, el cual consistió en una encuesta constituida por cuatro fases: aspectos funcionales, aspectos estéticos, aspectos psicológicos y valoración global. Estas estaban valoradas en una escala de Likert siendo 1 muy malo y 5 excelente. Los resultados que dieron estas tres personas quienes evaluaron el sistema del prototipo y sus funciones, afirman el nivel de aceptación y asertividad que tuvo el prototipo, el cual se encuentra detallado en el capítulo 3. Sumado a esto, se realizó un manual de usuario, para su correcto uso y operación del sistema (ver en anexo 6).

## **Conclusión**

En el desarrollo del proyecto se realizó un análisis de diferentes contenidos teóricos acerca de la calidad de las aguas fluviales, dosificación agrícola y de las herramientas tecnológicas que se utilizaron en la construcción del prototipo.

Asimismo, se elaboró un estado del arte para evidenciar la evaluación cronológica de la dosificación de insumos agrícolas hasta la actualidad. En donde se pudo obtener que estas dosificaciones agrícolas se vienen dando desde la edad neolítica, hace 10 mil años atrás y se mantiene hasta la actualidad.

Se desarrollo el prototipo, a partir de un levantamiento de requerimiento por medio de una revisión bibliográfica para identificar cuáles han sido los diseños, formas e instrumentos que se han utilizado para la realización de un sistema de monitoreo de medición de la calidad del agua, asimismo fueron valoradas y mejoradas estas ideas por medio de criterios de un profesional. Estos requerimientos fueron presentados por diagramas de uso, para llevar a cabo el análisis del diseño del prototipo. En relación a esto, se ejecutaron experimentos de funcionalidad por medio de pruebas de cajas negras para realizar testeos de los procesos del prototipo.

Además de ello, el desarrollo del prototipo fue en base a la metodología de microciclo Ropes, en donde gracias a esta se pudo demostrar mediante cinco fases el cronograma y su estado de las actividades, desarrollo de requerimientos, diferentes vistas del prototipo, codificación y sus librerías usadas y las pruebas de funcionalidad.

Posterior a ello se ejecutó una encuesta de prueba de funcionalidad en el cual se evaluó el prototipo, teniendo como resultados muy favorables ya que de manera general cumplió con aspectos técnicos y estéticos, aspectos psicológicos y valoración global del prototipo.

Finalmente el sistema de monitoreo es una buena opción para analizar la calidad del agua y en ello tomar esas consideraciones para considerar la forma de dosificación de insumos agrícolas cuando se lo requiera. Los beneficios que brinda el prototipo son la monitorización vía online y física, el envío de alertas cuando se presenten, esto facilita a agricultor llevar un seguimiento más cómodo y virtual.

## **Recomendación**

Se recomienda que el prototipo sea implementado horas antes de la aplicación de los insumos agrícolas, para que le permita hacer el cálculo y análisis de cuando va a necesitar por el tamaño del cultivo.

Se recomienda que el prototipo sea utilizado diariamente unas horas, para tomar muestras de como varia la calidad del agua y en base a ello tomar decisiones

Se recomienda mejorar y realizar ajustes en el prototipo para que se pueda aplicar en diferentes tipos de cultivos.

Se recomienda añadir nuevos componentes para realizar análisis más profundos de dosificación agrícola tomando en cuenta la calidad del agua y del suelo.

## Bibliografía

- Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. En A. Constituyente, Constitución de la República del Ecuador.
- Abarca, P., & Torres, A. (2018). Dosificación de plaguicidas agrícolas ¿Cuál es la forma? *Redagrícola*, 23-35.
- Adu-Manu, K. S., Tapparello, C., Heinzelman, W., Katsriku, F. A., & Abdulai, J.-D. (6 de 2017). *Water Quality Monitoring Using Wireless Sensor Networks: Current Trends and Future Research Directions*. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3005719>
- Aguas Residuales.info. (15 de 1 de 2016). *Los sólidos en el agua; maneje sus sólidos y mejore su efluente*. <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/los-solidos-en-el-agua-maneje-sus-solidos-y-mejore-su-efluente>
- Aguas Urbanas. (17 de 11 de 2018). *Conceptos sobre monitoreo de calidad de agua*. <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>
- Akan, O., Bellavista, P., Cao, J., Coulson, G., Dressler, F., Ferrari, D., & ... Zomaya, A. Y. (2015). *Internet of Things. User-Centric IoT*. Editorial Board.
- Alvarado, J. (4 de 10 de 2019). *Fertibox*. <https://www.fertibox.net/single-post/quimica-agricola>
- Amaya, A. (2015). *Evaluación hidrogeoquímica e hidroquímica de la subcuenca del río Aranchacal*. Universidad de El Salvador.
- Anchundia, D. (2021). *Placa de prueba como recurso didáctico en las prácticas de circuitos digitales de la carrera de Tecnologías de la información de la Universidad Estatal del Sur de Manabí*. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa - Manabí - Ecuador: Repositorio institucional.
- Arévalo Junco, A. (2018). *Prototipo de un sistema de monitoreo de calidad del agua subterránea en Instalaciones de Captación de una localidad rural de municipio de Tibaná - Boyacá*. Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia: Repositorio institucional. Retrieved 21 de Octubre de 2022.

- Arévalo, A. (2018). *prototipo de un sistema de monitoreo de calidad del agua subterránea en instalaciones de captación de una localidad rural del municipio de tabaná*.  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj8qa2lhcj7AhVKSzABHU8nBpUQFnoECA0QAQ&url=http%3A%2F%2Frepository.unipiloto.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F20.500.12277%2F4769%2F00004984.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación 6ta edición*. Venezuela: Episteme.
- Asencio, F., & Saavedra, C. (5 de Octubre de 2021). Guía para la elaboración del Plan de Monitoreo y Evaluación (PM&E) de Planes Directores de Cuenca (PDC). *Guía Didáctica*. La Paz, Bolivia: PROCUENCA GIZ, Bolivia.
- Barreto, P. (2010). *Protocolo de monitoreo del agua*. Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Huaraz Ancash-Perú: Repositorio institucional.
- Barriga, J., Cuascota, E., Gavilanéz, B., & Ushiña, L. (2016). Encendido de luz con Protoboard. *Sistema Digitales*, 35-47.
- Bolaños, P. V. (2 de 2 de 2021). *La agricultura, una práctica milenaria*.  
<https://www.fundacionaquae.org/quien-invento-la-agricultura/>
- Cabero, J., & Llorente, C. (6 de 2013). *La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC)*.  
[https://www.researchgate.net/publication/260750592\\_La\\_aplicacion\\_del\\_juicio\\_de\\_experto\\_como\\_tecnica\\_de\\_evaluacion\\_de\\_las\\_tecnologias\\_de\\_la\\_informacion\\_y\\_comunicacion\\_TIC](https://www.researchgate.net/publication/260750592_La_aplicacion_del_juicio_de_experto_como_tecnica_de_evaluacion_de_las_tecnologias_de_la_informacion_y_comunicacion_TIC)
- Calvo, A. (12 de noviembre de 2020). *5 tecnologías agrícolas que todo agricultor debería conocer*. Retrieved 2 de octubre de 2022, from Agroptima:  
<https://www.agroptima.com/es/blog/5-innovaciones-tecnologicas-que-todo-agricultor-deberia-conocer/>
- Carbotecnia. (13 de 10 de 2021). *Significado de los sólidos disueltos totales en agua (TDS)*.  
<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/solidos-disueltos-totales-tds/>

- Carriazo, Y. (2021). *Sistema de monitoreo de la calidad del agua basado en IoT, utilizando técnicas analíticas de datos para la detección de anomalías, en los acueductos ejecutados por el plan departamental de aguas (PDA) de Córdoba*. Universidad Autónoma de Bucaramanga. Montería: Repositorio institucional.
- Casa, E., & Quinaloa, R. (11 de 2018). *CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS CON BLUETOOTH, MOTORES Y SENSORES UTILIZANDO ARDUINO MEGA PARA EL LABORATORIO DE MICROPROCESADORES DE LA ESFOT* . <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19863/1/CD-9273.pdf>
- Castillo, M. G. (2012). *Análisis de la integridad ecológica del río Tambo a través del estudio de la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos*. Universidad San Francisco de Quito. Quito: Repositorio institucional.
- CEPAL. (11 de 10 de 2021). *INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE MONITOREO Y EVALAUCIÓN*. [https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/introduccion\\_sistemas\\_monitoreo\\_y\\_evaluacion.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/introduccion_sistemas_monitoreo_y_evaluacion.pdf)
- Cerón, A., Perea, A., & Figueroa, J. (s.f de 1 de 2020). *Métodos empíricos de la investigación parte 1*. [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/icea/asignatura/mercado-tecnia/2020/metodos-empiricos.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/icea/asignatura/mercado-tecnia/2020/metodos-empiricos.pdf)
- Chavez, D. (2015). *SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL Y MONITOREO VEHICULAR A DISTANCIA MEDIANTE TECNOLOGIA INLÁMBRICA*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15104/1/Tesis\\_t1067ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15104/1/Tesis_t1067ec.pdf)
- Collado, C. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL Education.
- Cubero, J. (2018). *Historia General de la Agricultura* . España: Almuzara.
- Cunalata, D. (2020). *Sistema electrónico de monitoreo del consumo de agua potable mediante*. Universidad Técnica de Ambato. Ambato: Repositorio institucional.

- De la Paz, M. (2012). *Evaluación de la calidad de agua e integridad ecológica de ríos altoandinos manejados por el FONAG*. Universidad San Francisco de Quito. Quito: Repositorio institucional.
- Drake, J. M. (2018). *Proceso de desarrollo de software*. [https://www.ctr.unican.es/asignaturas/MC\\_OO/Doc/OO\\_08\\_I2\\_Proceso.pdf](https://www.ctr.unican.es/asignaturas/MC_OO/Doc/OO_08_I2_Proceso.pdf)
- Electronics. (21 de 08 de 2022). *Mida los nutrientes con Arduino y el sensor NPK*. <https://how2electronics.com/measure-soil-nutrient-using-arduino-soil-npk-sensor/>
- Fachelli, S., & Lopez, P. (2015). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA*. Barcelona : [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiGzOnKs876AhWRSjABHe--DMQQFnoECCQQAQ&url=https%3A%2F%2Fddd.uab.cat%2Fpub%2Fcaplli%2F2016%2F163567%2Fmetinvsocua\\_a2016\\_cap2-3.pdf&usg=AOvVaw2KjZ4yf8EKqto9TfxEMCzE](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiGzOnKs876AhWRSjABHe--DMQQFnoECCQQAQ&url=https%3A%2F%2Fddd.uab.cat%2Fpub%2Fcaplli%2F2016%2F163567%2Fmetinvsocua_a2016_cap2-3.pdf&usg=AOvVaw2KjZ4yf8EKqto9TfxEMCzE).
- FAO. (2008). *Aumenta la degradación del suelo. Un cuarto de la población mundial está afectada, según nuevo estudio*. México: FAO Sala de prensa.
- Fao. (2020). *Land & Water*. Retrieved 2022, from <https://www.fao.org/land-water/overview/en/>
- Fiallo, J. (10 de 10 de 2017). *La agricultura es un pilar fundamental para la economía ecuatoriana por tres razones:*. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6807/1/134856.pdf>
- Funcional, T. (4 de 12 de 2019). *Pruebas de caja negra*. <https://howtotesting.com/testing-funcional/pruebas-de-caja-negra/>
- George, L. (25 de 11 de 2016). *ESP8266 – WiFi SoC*. <https://electrosome.com/category/tutorials/esp8266/>
- Gomez, E., Navas, D., Aponte, G., & Betancourt, L. (4 de 2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructura y sistematización. *DYNA*, 81(184), 7. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49630405022.pdf>

- Gómez, M. (2009). Definición de la aptitud de agua para riego en un ecosistema del sur de la provincia de Córdoba. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*(45), 38-43.
- Halvorsen, P. (26 de 6 de 2017). *Thinkspeak*. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj68fLNpe\\_6AhXobDABHSfBA2kQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.halvorsen.blog%2Fdocuments%2Ftechnology%2Fiot%2Fthingspeak%2Fresources%2FThingSpeak.pdf&usg=AOvVaw2kNQr\\_LK3](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj68fLNpe_6AhXobDABHSfBA2kQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.halvorsen.blog%2Fdocuments%2Ftechnology%2Fiot%2Fthingspeak%2Fresources%2FThingSpeak.pdf&usg=AOvVaw2kNQr_LK3)
- Hernández, C. (2019). Prototipo de Sistema de riego agrícola autónomo basado en Arduino e Internet de las Cosas a escala de Laboratorio, alimentado por un sistema Fotovoltaico. *Revista de Investigación*, 12.
- HETPRO. (8 de marzo de 2019). *LCD 16x2*. Retrieved 1 de octubre de 2022, from [hetpro-store.com](https://hetpro-store.com): <https://hetpro-store.com/lcd-16x2-blog/#:~:text=Entonces%2C el término LCD 16x2,información%2C por lo general alfanumérica.>
- Hídrica, S. d. (2020). *Obras Hidricas*. Retrieved 2022, from <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/infraestructura-y-politica-hidrica>
- IRENA. (2019). Internet of Things - Innovation Landscape Brief. *International Renewable Energy*, 3-13.
- ITU. (11 de Noviembre de 2020). *Internet of Things Global Standards Initiative*. Retrieved 30 de Septiembre de 2022, from International Telecommunication Union (ITU): <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>
- Juste, R. P. (1991). *Pedagogía experimental: la medida en educación ; curso de adaptación*. Madrid: Graficas juma.
- KeepCoding. (3 de 6 de 2022). *¿Qué son las pruebas de caja negra?* <https://keepcoding.io/blog/que-son-las-pruebas-de-caja-negra/>
- Kibernum. (1 de 7 de 2017). <https://www.kibernum.com/noticias/por-que-son-importantes-las-pruebas-funcionales-2/>.Pruebas

- Lanao, D. E. (7 de 10 de 2014). *Introducción y Conceptos Fundamentales sobre Periodización*. <https://g-se.com/introduccion-y-conceptos-fundamentales-sobre-periodizacion-bp-o57cfb26d97b1b>
- Leisher, C., Courtemanch, D., Karres, N., Petry, P., & Sowles, J. (2016). Guía para el monitoreo y la evaluación de Fondos de Agua. *Guía didáctica*.
- Leon, A. (2021). *Desarrollo de un Sistema de Información web para la gestión de participantes del Programa Municipal Años Dorados del cantón Samborondón*. <https://repositorio.ecotec.edu.ec/bitstream/123456789/229/1/LEON%20ANGELO.pdf>
- Ley orgánica de agrobiodiversidad, semillas y fomento de agricultura. (8 de 06 de 2017). *Ambiente.gob.ec*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-Organica-Agrobiodiversidad-Semillas-y-Fomento-de-Agricultura.pdf>
- Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. (6 de 08 de 2014). *Regulacionagua.gob.ec*. <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Libelium. (26 de 02 de 2018). *Control de calidad del agua con sensores inteligentes en piscifactorías en Irán*. <https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/209625-Control-de-calidad-del-agua-con-sensores-inteligentes-en-piscifactorias-en-Iran.html>
- Ligtenberg, A., & Kooistra, L. (2009). Sensing a changing world. *Sensors*. Retrieved, 35-47.
- Liu, Y.-T., Lin, B.-Y., Yue, X.-F., Cai, Z.-X., Yang, Z.-X., Liu, W.-H., . . . Chen, J.-Y. (1 de 5 de 2018). A Solar Powered Long Range Real-Time Water Quality Monitoring System by LoRaWAN". 699. <https://doi.org/10.1109/WOCC.2018.8373792>
- Llamas, J. (11 de Enero de 2021). *Tecnología Agrícola*. Retrieved 2 de octubre de 2022, from Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/tecnologia->

agricola.html#:~:text=La tecnología agrícola consiste en,de eficiencia%2C eficacia y efectividad.

Mamani, M., Villalobos, M., & Herrera, R. (2017). Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(4), 599-618.

Mechatronics, N. (s.f de s.f de 2021). *TUTORIAL LCD CON I2C, CONTROLA UN LCD CON SOLO DOS PINES*. [https://naylampmechatronics.com/blog/35\\_tutorial-lcd-con-i2c-controla-un-lcd-con-solo-dos-pines.html](https://naylampmechatronics.com/blog/35_tutorial-lcd-con-i2c-controla-un-lcd-con-solo-dos-pines.html)

MGFiberTechnologies. (2016). *Ficha Técnica/MGFT-134476*. Retrieved 1 de octubre de 2022, from [mgfibertecnologies: www.mgfibertecnologies.com/www.mgfibertech.com](http://mgfibertecnologies.com/www.mgfibertech.com)

Millán, F. (2016). *Curso de Química II. Unidad 6: Calidad de aguas potabilizables*. Mérida: Repositorio Instituto Universitarioa Politécnico Santiago Mariño.

Ministerio del Ambiente, a. y. (23 de 08 de 2022). *Gobierno del Encuentro*. <https://www.ambiente.gob.ec/>

Moreno, & Peña. (21 de 3 de 2021). *Importancia del cálculo y uso de dosis en coadyugantes*. <https://www.metroflorcolombia.com/>

Moreno, A. (2016). *Factores que afectan la calidad de aguas de uso agrícola*. Retrieved 2 de octubre de 2022, from Metro-flor: <https://www.metroflorcolombia.com/factores-que-afectan-la-calidad-de-aguas-deuso-agricola>

Moreno, A., & Peña, M. (21 de Marzo de 2021). *Importancia del cálculo y uso de dosis en coadyuvantes y*. Retrieved 1 de Octubre de 2022, from Metroflor-agro: <https://www.metroflorcolombia.com>

Nación, L. (7 de 08 de 2019). *¿Cuán probable es que la Argentina sufra escasez de agua?* <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/cuan-probable-es-argentina-sufrir-escasez-agua-nid2275073/>

Niswar, M., Wainalang, S., Ilham, A. A., Zainuddin, Z., Fujaya, Y., Muslimin, Z., . . . Fall, D. (2018). *IoT-based Water Quality Monitoring System for soft-shell crab farming*.

[http://digilib.unhas.ac.id/uploaded\\_files/temporary/DigitalCollection/NGQwYmFjOTIyZDJJZjE5MDM2YTk4NjU1YjIzYjk5MzgyZTQxYThlMQ==.pdf](http://digilib.unhas.ac.id/uploaded_files/temporary/DigitalCollection/NGQwYmFjOTIyZDJJZjE5MDM2YTk4NjU1YjIzYjk5MzgyZTQxYThlMQ==.pdf)

Nourma, R., Tjahjono, A., Hariadi, M., & Purnomo, M. (2019). Development of IoT for Automated Water Quality Monitoring System. *International Conference on computer science*, 1484. <https://doi.org/10.1109/ICOMITEE.2019.8920900>

Ochoa, A., Cangrejo, L., & Delgado, T. (2018). Alternativa Open Source en la implementación de un sistema IoT para la medición de la calidad del aire. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(1), 189-204.

Oktariawan, I. (2 de 4 de 2013). *Fabricación de sistemas de automatización de dispensadores Usando arduino mega 2560*. <http://repository.lppm.unila.ac.id/24109/1/46-66-1-PB.pdf>

Onu. (2020). *Un Water –Water Facts*. Retrieved 2022, from <https://www.unwater.org/water-facts>

Organization, W. M. (1998). *Manual on water quality monitoring*. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=1690](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=1690)

Padilla, J. E., & Mendoza, M. A. (8 de 7 de 2020). *Investigación e innovación ingenierías*. <https://doi.org/10.17081/invinno.8.2.3771>

Peláez, B. (8 de 12 de 2017). *Impacto de la tecnología en la agricultura*. <http://www.sofoscorp.com/impacto-tecnologia-aplicada-agricultura/>

Peñafiel, A. (2014). *Evaluación de la calidad del agua del río Tomebamba mediante el índice del Instituto Mexicano de Tecnoogía del agua*. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador: Repositorio Institucional.

Peño, J. S. (s.f de 6 de 2015). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID*. [https://oa.upm.es/40012/1/PFC\\_JOSE\\_MANUEL\\_SANCHEZ\\_PENO\\_3.pdf](https://oa.upm.es/40012/1/PFC_JOSE_MANUEL_SANCHEZ_PENO_3.pdf)

Pérez Porto, J., & Gardey, A. (15 de Octubre de 2010). *Definición de monitoreo*. Retrieved 8 de septiembre de 2022, from <https://definicion.de/monitoreo/>

pmoinformatica. (29 de 01 de 2014). <http://www.pmoinformatica.com/2014/01/tipos-de-pruebas-de-software-istqb.html>

Porto, J. P., & Gardey, A. (2021). *Definicion.de*. <https://definicion.de/sensor/>

- Prefectura del Guayas. (s.f de s.f de 2017). *Prefectura del Guayas*.  
<https://guayas.gob.ec/cantones-2/santa-lucia/#:~:text=Tiene%20una%20extensi%C3%B3n%20de%20359,de%20Lenti%2C%20Siracusa%2C%20Italia>.
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería del software: Un enfoque práctico*. Mexico: McGRAW-HILL.
- Project Management Institute . (2017). *Guía del PMBOK*. EEUU: Independent Publishers Group .
- Rae. (2022). *aguas fluviales*. <https://dpej.rae.es/lema/aguas-fluviales/#:~:text=Aguas%20de%20los%20r%C3%ADos>.
- Ramírez, C. (2011). *Calidad del Agua: Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la U.
- Reyes, P. A. (16 de 09 de 2020). *Redagícola*.  
<https://www.redagricola.com/cl/dosificacion-de-plaguicidas-agricolas-cual-es-la-forma/>
- Rivera, D., & Yepez, E. (2015). *Diseño e implementación de un prototipo para la medición de calidad del agua y control de la oxigenación en forma remota orientado a la producción acuícola*. Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil: Repositorio institucional.
- Robles, P., & Rojas, M. (14 de 2 de 2015 ). *La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada*.  
[https://www.nebrija.com/revista-linguistica/files/articulosPDF/articulo\\_55002aca89c37.pdf](https://www.nebrija.com/revista-linguistica/files/articulosPDF/articulo_55002aca89c37.pdf)
- Ródo, J. (17 de 11 de 2018). *Conceptos sobre monitoreo de calidad de agua*.  
<http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>
- Ruiz, O. (4 de 2021). *DISEÑO DE UN MEDIDOR IOT DOMESTICO*.  
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/46556/TFG-I-1815.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- salud, M. d. (s.f.). *Gobierno del encuentro*. Retrieved 2022, from <https://www.salud.gob.ec/>
- Sampieri Hernandez, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico : Mc Graw Hill Education.
- Sarandón, S. (2020). *es-transformacion.org*. Retrieved 1 de octubre de 2022, from El papel de la agricultura en la transformación Social-Ecológica de América Latina: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/16550.pdf>
- Schwartz, M. (2016). *Internet of Things with ESP8266*,.
- Silva, D., & Coello, J. (10 de 2020). *diseño e implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real de sensores de temperatura, turbidez, tds y ph para la calidad del agua utilizando la tecnología lorawan* . <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19627/1/UPS-GT003087.pdf>
- Sonic, L. (2020). *MPC-Buoy Monitoreo y control de algas*. <https://www.lgsonic.com/es/productos/mpc-buoy/>
- Soto. (6 de mayo de 2017). *Circuitos eléctricos*. Retrieved 23 de septiembre de 2022, from diwo.bq: <http://diwo.bq.com/>
- Soto, E., Verdugo, R., & Castillo, D. (2019). Sistema IoT para el análisis de calidad de aguas. *XIV Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica* (pág. 7). Vigo, España: Universidad de Vigo.
- Texas Instrument. (2021). *LM2596 CONMUTADOR SIMPLE Convertidor de potencia de 150 kHz*. [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf?ts=1666265660816&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf?ts=1666265660816&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F)
- Ubach, C. (2017). *Programando directamente un ESP8266*. Escola Técnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Barcelona, España: Repositorio institucional.
- Unesco. (2017). *World Water Assessment Programme*. <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/about/>

Unesco. (2020). *Water Security*. Retrieved 20 de 10 de 2022, from <https://en.unesco.org/themes/water-security>

Unesco. (2020). *Water Security*. <https://en.unesco.org/themes/water-security>

Universidad de Costa Rica. (s.f de s.f de s.f). *Buenas practicas Agricolas* .  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjUgu26nMz6AhW0TTABHc\\_4BYUQFnoECAwQAw&url=http%3A%2F%2Fwww.buenaspracticasagricolas.ucr.ac.cr%2Findex.php%2Fmanejo-de-agroquimicos%2Fdosificacion-y-calibracion%23%3A~%](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjUgu26nMz6AhW0TTABHc_4BYUQFnoECAwQAw&url=http%3A%2F%2Fwww.buenaspracticasagricolas.ucr.ac.cr%2Findex.php%2Fmanejo-de-agroquimicos%2Fdosificacion-y-calibracion%23%3A~%2F)

Valdés, P. V. (20 de 09 de 2019). *La importancia del Monitoreo y Evaluación de impacto para las empresas*. <https://www.kueponi.com/post/la-importancia-del-monitoreo-y-evaluaci%C3%B3n-de-impacto-para-las-empresas>

Vasallo, L. (2008). *Yacimientos minerales metálicos*. . Querétaro, México: Bol-e, Versión Online.

Zumos Ecologicos. (25 de 9 de 2017). *¿QUÉ SON LOS INSUMOS AGRÍCOLAS?*  
<https://www.zumosecologicos.com/blog/los-insumos-agricolas/>

## **ANEXOS**

### **Anexo 1**

#### **Guion de entrevista**

1. ¿Le gustaría tener un sistema de monitoreo para analizar la calidad del agua?
2. ¿Considera que la calidad del agua ayudaría a mejorar las técnicas de dosificación de insumos agrícolas?
3. ¿Cuáles son los parámetros que ud conoce en base a la calidad del agua?
4. ¿Qué tipos de minerales Ud. conoce para medir la calidad del agua?

## Anexo 2

### Encuesta sobre técnicas de dosificación agrícolas

¿Como considera que son sus técnicas de dosificación? \*

- Muy mala
- Mala
- Regular
- Buena
- Muy buena

¿Como le rinde su cultivo con su técnica de dosificación en su cultivo ? \*

- Muy mala
- Mala
- Regular
- Buena
- Muy buena

¿Esta de acuerdo que análisis del agua es un indicador para mejorar el proceso de dosificación agrícola? \*

- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

¿Califique la calidad del agua que se tiene en este sector? \*

- Muy mala
- Mala
- Regular
- Buena
- Muy buena

La calidad del agua es un indicador clave para el análisis de dosificación agrícola? \*

- Si
- No

¿Sus practicas de dosificación agrícolas se basan en cálculos, medidas de uso, mediciones, etc.? \*

- Si
- No

Lleva algún control cuando dosifica sus insumos agrícolas \*

- Si
- No

utiliza métodos empíricos (enseñanza de sus padres, abuelos, conocidos, etc.) de \*  
dosificación agrícola?

- Sí
- No

Ha escuchado sobre algún sistema de monitoreo que ayude con la obtención de \*  
los minerales del agua, para poder ser considerados en la dosificación del  
cultivo?

- Sí
- No
- Tal vez

Le gustaría que hubiera un sistema que les facilite la calidad del agua para su \*  
uso en la dosificación de sus insumos agrícolas.

- Sí
- No

Enviar

Borrar formulario

## Anexo 3

### Encuesta de pruebas de aceptación funcional

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN					
					
ASPECTOS FUNCIONALES Y DE UTILIDAD					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
<b>Relevancia, Interés</b> (de las funciones)					
<b>Facilidad de uso</b> (entorno claro y amigable)					
<b>Facilidad de comunicación</b> (Sistema -cliente)					
ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTETICOS					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
<b>Entorno audiovisual</b> (presentación, pantallas, letras)					
<b>Iconicidad</b> (presencia de elementos gráficos)					
<b>Calidad y estructura de los elementos</b>					
<b>Estructura y navegación de los elementos</b>					
<b>Ejecución fiable, velocidad de acceso adecuada</b>					
<b>Originalidad y uso de tecnología adecuada</b>					
<b>Interacción con el usuario, enlaces formularios</b>					
<b>Estética, entorno agradable</b>					
ASPECTOS PSICOLOGICOS					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
<b>Capacidad de motivación</b> (Atractivo, interés)					
<b>Adecuación a los destinatarios</b> (de la funcionalidad)					
VALORACIÓN GLOBAL DEL SISTEMA					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
<b>Calidad técnica</b>					
<b>Atractivo</b>					
<b>Funcionalidad, utilidad</b>					

## Anexo 4

### Resultados de las encuestas de pruebas de efectividad

#### Encuesta 1

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN					
					
ASPECTOS FUNCIONALES Y DE UTILIDAD					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Relevancia, Interés (de las funciones)		/			
Facilidad de uso (entorno claro y amigable)		/			
Facilidad de comunicación (Sistema -cliente)	/				
ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTETICOS					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Entorno audiovisual(presentación, pantallas, letras)	/				
Iconicidad(presencia de elementos gráficos)	/				
Calidad y estructuta de los elementos		/			
Estructura y navegación de los elementos	/				
Ejecución fiable, velocidad de acceso adecuada	/				
Originalidad y uso de tecnología adecuada	/				
Interacción con el usuario, enlaces formularios		/			
Estética, entorno agradable	/				
ASPECTOS PSICOLOGICOS					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Capacidad de motivación (Atractivo, interés)	/				
Adecuación a los destinatarios (de la funcionalidad)		/			
VALORACIÓN GLOBAL DEL SISTEMA					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Calidad técnica	/				
Atractivo	/				
Funcionalidad, utilidad	/				

## Encuesta 2

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN					
					
ASPECTOS FUNCIONALES Y DE UTILIDAD					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Relevancia, Interés (de las funciones)		●			
Facilidad de uso (entorno claro y amigable)	●				
Facilidad de comunicación (Sistema -cliente)		●			
ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTETICOS					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Entorno audiovisual(presentación, pantallas, letras)	●				
Iconicidad(presencia de elementos gráficos)	●				
Calidad y estructuta de los elementos		●			
Estructura y navegación de los elementos	●				
Ejecución fiable, velocidad de acceso adecuada	●				
Originalidad y uso de tecnología adecuada	●				
Interacción con el usuario, enlaces formularios		●			
Estética, entorno agradable	●				
ASPECTOS PSICOLOGICOS					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Capacidad de motivación (Atractivo, interés)	●				
Adecuación a los destinatarios (de la funcionalidad)		●			
VALORACIÓN GLOBAL DEL SISTEMA					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Calidad técnica	●				
Atractivo		●			
Funcionalidad, utilidad	●				

### Encuesta 3

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN					
					
ASPECTOS FUNCIONALES Y DE UTILIDAD					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Relevancia, Interés (de las funciones)	X				
Facilidad de uso (entorno claro y amigable)	X				
Facilidad de comunicación (Sistema -cliente)	X				
ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTETICOS					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Entorno audiovisual(presentación, pantallas, letras)	X				
Iconicidad(presencia de elementos gráficos)		X			
Calidad y estructura de los elementos		X			
Estructura y navegación de los elementos		X			
Ejecución fiable, velocidad de acceso adecuada	X				
Originalidad y uso de tecnología adecuada	X				
Interacción con el usuario, enlaces formularios	X				
Estética, entorno agradable	X				
ASPECTOS PSICOLOGICOS					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Capacidad de motivación (Atractivo, interés)	X				
Adecuación a los destinatarios (de la funcionalidad)	X				
VALORACIÓN GLOBAL DEL SISTEMA					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Calidad técnica	X				
Atractivo	X				
Funcionalidad, utilidad	X				

## Anexo 5

### Código del sistema de monitoreo

```
/* Libreria para el sensor de conductividad TDS */
#include "GravityTDS.h"

/* Libreria para el sensor de temperatura */
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

/* Libreria sensor Ph */
#include <AnalogPHMeter.h>

/* Libreria EEPROM */
#include <EEPROM.h>

/* Libreria LCD 2004 */
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

/* Libreria PNK */
#include <ModbusMaster.h>
#define MAX485_DE 6
#define MAX485_RE_NEG 7
ModbusMaster node;
String strNitrogeno, strFosforo, strPotasio;

/* Sensor de temperatura 18b20*/
#define ONE_WIRE_BUS 8
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
String strTemperatura;
```

```

/* Sensor TDS conductividad */
#define TdsSensorPin A0 //Pin para el sensor TDS
GravityTDS gravityTds;
String strTds;

/* Sensor de Ph */
AnalogPHMeter pHSensor(A1);
unsigned int pHCalibrationValueAddress = 0;
float phValue;
#define SensorPin A1
String strPh;
bool server = false;

/* Variables de tiempo */
unsigned long timeGetData = 0;
unsigned long timeDataServer = 0;
unsigned long timeSendData = 0;

/* Datos de mensaje */
String celular = "+593985875298"; //0985875298 +593985875298
//+593985875298
//+593994561315
String datosSms, descripcionSms;
int iSmsAcido = 0, iSmsNeutro = 0, iSmsAlcalino = 0;
int iPpmMalo = 0, iPpmRegluar = 0, iPpmNormal = 0, iPpmMuyMalo = 0;

/* Datos Thingspeak */
String apiKey = "TW62WD7L48C7JWVT";
//fidelalejandroquinto@hotmail.com
//Fidelquinto14

```

```

void preTransmission(){
    digitalWrite(MAX485_RE_NEG, 1);
    digitalWrite(MAX485_DE, 1);
}

void postTransmission(){
    digitalWrite(MAX485_RE_NEG, 0);
    digitalWrite(MAX485_DE, 0);
}

void setup() {
    Serial.begin(9600); //Inicia monitor serial

    /* Configurar sim900 */
    Serial2.begin(9600);

    lcd.init(); //Iniciar LCD
    lcd.backlight(); //Encender LCD
    //lcd.print("01234567890123456789");
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("SISTEMA DE MONITOREO");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("  IOT  ");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("  CONFIGURANDO  ");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("  HARDWARE  ");

    iniciarSim900();

    /* Iniciar sensor NPK */

```

```

pinMode(MAX485_RE_NEG, OUTPUT);
pinMode(MAX485_DE, OUTPUT);
digitalWrite(MAX485_RE_NEG, 0);
digitalWrite(MAX485_DE, 0);
Serial1.begin(9600);// Modbus 9600 baudios
node.begin(1, Serial1);// Modbus slave ID of NPK sensor is 1
node.preTransmission(preTransmission);//Enviar y recibir datos por modbus
node.postTransmission(postTransmission);

/* Iniciar sensor TDS y temperatura 18b20*/
sensors.begin(); //Iniciar sensor de temperatura

/* Calibrar sensor de Ph*/
struct PHCalibrationValue pHCalibrationValue; //valor para calibrar sensor Ph
EEPROM.get(pHCalibrationValueAddress, pHCalibrationValue); //obtener
valor de la memoria EEPROM
pHSensor.initialize(pHCalibrationValue); //Iniciar sensor Ph
/*
//Esto se usa una sola vez para calibrar el sensor de ph - Los datos de
calibracion se guardan en
//la memoria EEPROM del arduino
while(true){
    static unsigned long t = millis();
    if (millis() - t > 1000) {
        Serial.println(pHSensor.singleReading().getpH());
        t = millis();
    }

    if (Serial.available()) {
        char c = Serial.read();
        if (c == 'm') {
            pHSensor.calibrationMid(7.000f); //4
        } else if (c == 'l') {

```

```

        pHSensor.calibrationLow(4.000f); //10
    } else if (c == 'h') {
        pHSensor.calibrationHigh(10.000f); //7
    } else if (c == 'c') {
        pHSensor.calibrationClear();
    } else if (c == 's') {
        EEPROM.put(pHCalibrationValueAddress,
pHSensor.getCalibrationValue());
        break;
    }
}
}
}
*/
delay(2000); //Retardo de 2segundos
lcd.clear(); //Limpia la LCD
/* Mensaje de inicio en la LCD */
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SISTEMA DE MONITOREO");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("    IOT    ");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("HARDWARE CONFIGURADO");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("  CON EXITO  ");
delay(2000); //Retardo de 2 segundos
lcd.clear(); //Limpia la pantalla

ShowDataLcd(); //Muestra los valores de los sensores en la LCD
timeGetData = millis(); //Actualiza la variable de tiempo para obtener valores
timeDataServer = millis(); //Actualiza la variable de tiempo para enviar datos
a thingspeak

}

```

```

void loop() {
  /* Condicion para obtener datos de sensores cada 3 segundos */
  if((unsigned long)(millis() - timeGetData > 3000)){
    /****** Leer datos del sensor NPK *****/
    uint8_t result;
    // NITROGEN
    result = node.readHoldingRegisters(0x1E, 1);
    if (result == node.ku8MBSuccess){
      strNitrogeno = node.getResponseBuffer(0x0);
    }
    // PHOSPHORUS
    result = node.readHoldingRegisters(0x1F, 1);
    if (result == node.ku8MBSuccess){
      strFosforo = node.getResponseBuffer(0x0);
    }
    // POTASSIUM
    result = node.readHoldingRegisters(0x20, 1);
    if (result == node.ku8MBSuccess){
      strPotasio = node.getResponseBuffer(0x0);
    }

    /****** Leer datos del sensor de temperatura *****/
    sensors.requestTemperatures();
    strTemperatura = sensors.getTempCByIndex(0);

    /****** Leer datos del sensor TDS *****/
    strTds = analogRead(TdsSensorPin);

    /* Leer sensor de Ph */
    strPh = pHSensor.singleReading().getpH();
  }
}

```

```

/* Presentar en monitor serial */
Serial.println("Nitrogeno: " + strNitrogeno);
Serial.println("Fosforo: " + strFosforo);
Serial.println("Potasio: " + strPotasio);
Serial.println("Temperatura: " + strTemperatura + "C");
Serial.println("Conductividad: " + strTds + "ppm");
Serial.println("Ph: " + strPh);
Serial.println("-----");
ShowDataLcd(); //Muestra los valores de los sensores en la LCD
timeGetData = millis(); //Actualiza la variable de tiempo para obtener valores
}
/*****/

/* Condicion para obtener enviar datos a thingspeak 25 segundos */
if((unsigned long)(millis() - timeDataServer > 25000)){
    bool statusHttpRequest = httpRequest(strNitrogeno, strFosforo, strPotasio,
strTemperatura, strTds, strPh); //Funcion para enviar datos a thingspeak
    if(statusHttpRequest){ //Respuesta del servidor de thingspeak
        Serial.println("Server: datos recibidos"); //Por verdad si envio
correctamente el dato
    }else{
        Serial.println("Server: error"); //Por falso manda ERROR
    }
}

/* Condicion para el envio de sms: alerta en valores de ph */
float phStatus = strPh.toFloat(); //Obtiene el valor de ph
Serial.print("Float ph: ");Serial.print(phStatus); Serial.print(" "); // Imprime en
el serial
if(phStatus>=0.00 && phStatus<7.00){ //Condicion acida
    iSmsAcido++; //Contador para estado acido
    if(iSmsAcido == 1){ //Condicion para enviar un solo mensaje cuando el
estado del liquido es acido
        Serial.println("Enviando mensaje...");
    }
}

```

```

        delay(3000);
        sendSms(strPh, "acida se recomienda utilizar un producto quimico con
hierro"); //Funcion para enviar el mensaje
        Serial.println("Mensaje enviado con exito");
    }
    iSmsNeutro = 0;
    iSmsAlcalino = 0;
}else if(phStatus>=8.00){ //Condicion alcalina
    iSmsAlcalino++; //Contador para estado alcalino
    if(iSmsAlcalino == 1){ //Condicion para enviar un solo mensaje cuando el
estado del liquido es alcalino
        Serial.println("Enviando mensaje...");
        delay(2000);
        sendSms(strPh, "alcalino se recomienda disminuir el uso de quimicos con
sodio"); //Funcion para enviar el mensaje
        Serial.println("Mensaje enviado con exito");
    }
    iSmsAcido = 0;
    iSmsNeutro = 0;
}

/* Condicion para el envio de sms: alerta en valores de conductividad */
//int iPpmMalo = 0, iPpmRegluar = 0, iPpmNormal = 0, iPpmMuyMalo = 0;
float conductividadStatus = strTds.toFloat(); //Obtiene el valor de ph
Serial.print("Float conductividad: ");Serial.print(conductividadStatus);
Serial.print(" "); // Imprime en el serial

if(conductividadStatus>=0.00 && conductividadStatus<300.00){ //Condicion:
mala conductividad
    iPpmMalo++; //Contador para estado acido
    if(iPpmMalo == 1){ //Condicion para enviar un solo mensaje cuando el
estado del liquido es acido
        Serial.println("Enviando mensaje...");
        delay(3000);

```

```
    sendSmsTds(strTds, "la conductividad del agua esta por debajo de lo normal, tomar precaución"); //Funcion para enviar el mensaje por alerta de conductividad
```

```
        Serial.println("Mensaje enviado con exito");
```

```
    }
```

```
    //iPpmMalo = 0;
```

```
    iPpmRegluar = 0;
```

```
    iPpmNormal = 0;
```

```
    iPpmMuyMalo = 0;
```

```
    }if(conductividadStatus>=300.00    &&    conductividadStatus<500.00){  
//Condicion: conductividad regular
```

```
    iPpmRegluar++; //Contador para estado alcalino
```

```
    if(iPpmRegluar == 1)
```

```
        Serial.println("Enviando mensaje...");
```

```
        delay(2000);
```

```
        sendSmsTds(strTds, "la conductividad del agua esta regular: puede regar su cultivo"); //Funcion para enviar el mensaje
```

```
        Serial.println("Mensaje enviado con exito");
```

```
    }
```

```
    iPpmMalo = 0;
```

```
    //iPpmRegluar = 0;
```

```
    iPpmNormal = 0;
```

```
    iPpmMuyMalo = 0;
```

```
    }if(conductividadStatus>=500.00    &&    conductividadStatus<800.00){  
//Condicion: conductividad regular
```

```
    iPpmNormal++; //Contador para estado alcalino
```

```
    if(iPpmNormal == 1){ //Condicion para enviar un solo mensaje cuando el estado del liquido es alcalino
```

```
        Serial.println("Enviando mensaje...");
```

```
        delay(2000);
```

```
        sendSmsTds(strTds, "condicion de conductividad normal"); //Funcion para enviar el mensaje
```

```
        Serial.println("Mensaje enviado con exito");
```

```
    }
```

```

    iPpmMalo = 0;
    iPpmRegluar = 0;
    //iPpmNormal = 0;
    iPpmMuyMalo = 0;
    }if(conductividadStatus>=800.00    &&    conductividadStatus<1000.00){
//Condicion: conductividad regular
    iPpmMuyMalo++; //Contador para estado alcalino
    if(iPpmMuyMalo == 1){ //Condicion para enviar un solo mensaje cuando el
estado del liquido es alcalino
        Serial.println("Enviando mensaje...");
        delay(2000);
        sendSmsTds(strTds, "agua con presencia de mucha salinidad, tomar
precaución"); //Funcion para enviar el mensaje
        Serial.println("Mensaje enviado con exito");
    }
    iPpmMalo = 0;
    iPpmRegluar = 0;
    iPpmNormal = 0;
    //iPpmMuyMalo = 0;
}

    timeGetData = millis(); //Actualiza la variable de tiempo para obtener valores
    timeDataServer = millis(); //Actualiza la variable de tiempo para enviar datos
a thingspeak
}
}

```

## Anexo 5

### Manual de usuario del sistema de monitoreo Versión 1.0

Este manual tiene como objetivo presentar la descripción de todos los sensores, módulos y componentes a utilizar para el uso del sistema de monitoreo, asimismo su funcionamiento correspondiente para cada etapa de su uso. Los mismos serán detallados a continuación:

#### Encendido del sistema

En esta primera es la conexión de adaptador de 12V a una toma de corriente de 110-120V al Jack que está ubicado en los exteriores de la caja del sistema de monitoreo.



## Autoconfiguración del sistema

Una vez que se conecte correctamente la fuente de alimentación, se debe esperar 15 segundos a que el sistema (Arduino) y el modulo800L levanten sus servicios para comenzar a recibir y enviar información.



## Funcionamiento del sistema

En esta etapa, después de la autoconfiguración, el sistema estará listo para comenzar con la lectura de los datos, por lo cual aquí se recomienda colocar los sensores en las respectivas muestras de aguas que se quieran tomar y luego visualizar los resultados en la pantalla LCD 24x4.



### Envió de datos a la nube

El módulo sim800L es el encargado de enviar datos a la nube, por lo cual una vez tomada las muestras este módulo enviará estos datos y luego de 5 segundos se podrán visualizar en la nube ThinkSpeak. Este proceso será constante ya que los datos que se obtengan se enviaran hasta que se apague el sistema.



### Envió de alarma

En esta etapa la alarma, será enviada vía SMS de lo que está pasando y una pequeña recomendación, por medio del módulo sim800L, el cual estará utilizando un chip de cualquier operadora con un paquete de datos. Para que un dato sea considerado alarma, se deben pasar los rangos ya definidos en la programación en el módulo PH y conductividad. Este proceso se hará cada 7 segundos después de obtener los datos.



## Visualización de los resultados

Para esta parte se mostrará las dos maneras de visualización de resultados, los mismos se detallan a continuación:

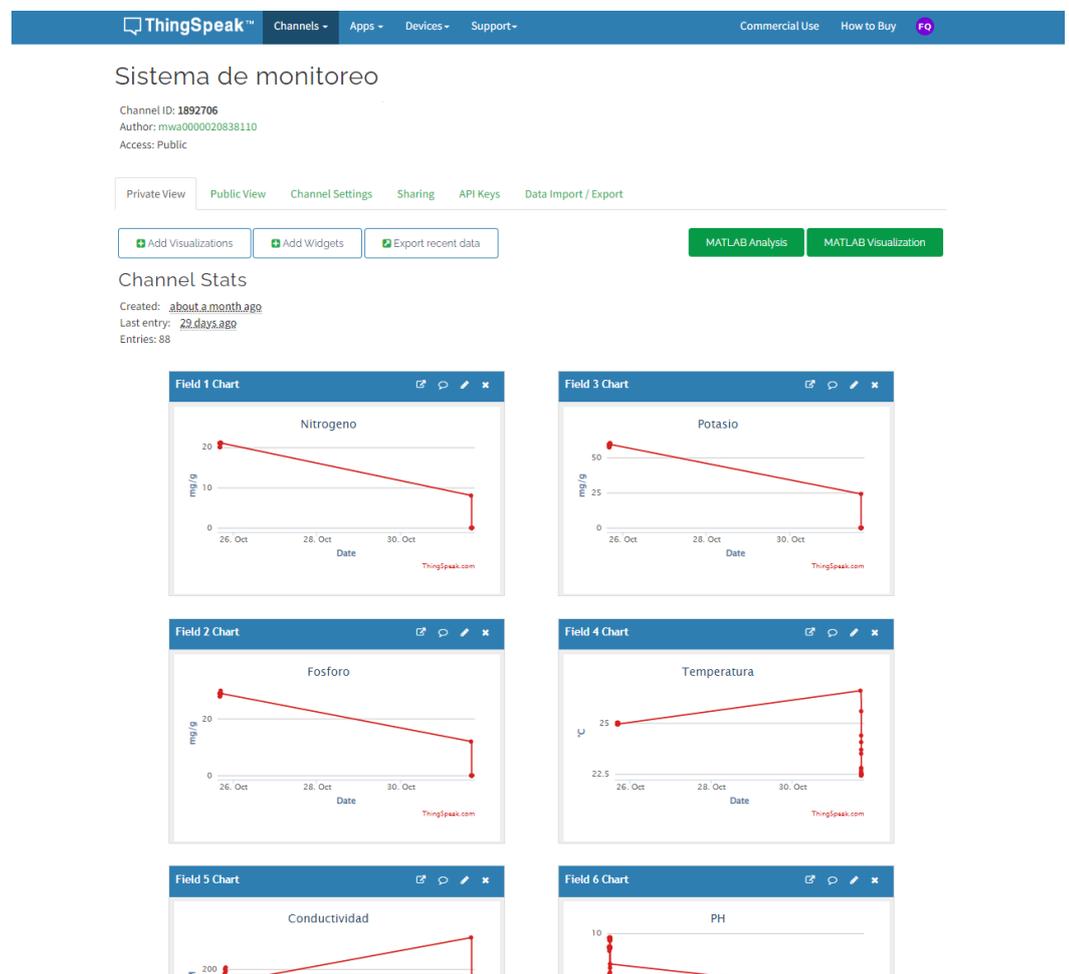
La primera forma de ver los resultados es mediante el sitio web <https://thingspeak.com/>, es importante mencionar que primero hay que iniciar sesión, ya sea creando desde 0 una cuenta o también permite vincular con otros correos. Una vez iniciado sesión hay que ingresar el ID Chanel de la sesión creada , el cual dará paso para visualizar el dashboard público que esta interactuando en tiempo real con los datos del sistema de monitoreo.

# Sistema de monitoreo

Channel ID: 1892706

Author: mwa000020838110

Access: Public



La segunda forma de visualizar el dashboard es desde el teléfono móvil, en el cual se debe ingresar a Google play (Android) o App Store (Iphone) y descargar la aplicación ThingView que es para solo visualización. Una vez descargada la aplicación se debe ingresar el ID channel para ver los resultados

