



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA MECATRÓNICA

TEMA:

**MEDIDOR DE PH DEL SUELO PARA EL CULTIVO DE ROSAS**

**AUTOR:** Michael Rosendo Colcha Ipiales

**DIRECTOR:** MSc. Milton Alejandro Gavilanes Villalobos, Ing.

Ibarra- Ecuador

**2022**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DEL AUTOR</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100454689-9		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Colcha Ipiates Michael Rosendo		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra – Imbabura		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:mrcolchai@utn.edu.ec">mrcolchai@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0987049514

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“Medidor de pH del suelo para el cultivo de rosas”
<b>AUTOR:</b>	Colcha Ipiates Michael Rosendo
<b>FECHA:</b>	10 de septiembre de 2022
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>DIRECTOR:</b>	MSc. Miltón Alejandro Gavilanes Villalobos, Ing.

## CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 28 de septiembre del 2022

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'M' followed by several vertical strokes and a horizontal line extending to the right.

Nombre: Michael Rosendo Colcha Ipiales

Cédula: 1004546899



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **CERTIFICACIÓN**

En calidad de director de trabajo de grado titulado “Medidor de pH de suelo para el cultivo de rosas”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor Michael Rosendo Colcha Ipiales, bajo mi supervisión.



firmado electrónicamente por:  
**MILTON ALEJANDRO  
GAVILANEZ  
VILLALOBOS**

---

Ing. Milton Alejandro Gavilanez Villalobos, Msc.

**DIRECTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida que me otorga día a día para cumplir mis sueños y metas, brindarme salud, perseverancia, amor y alegría para continuar cada una de mis etapas.

A mi padre por siempre brindarme un apoyo incondicional y contagiarme de esa curiosidad por lo desconocido, por la ciencia, por la perseverancia, por enseñarme que: “Para todo hay solución, menos para la muerte”.

A mi madre que, con su amor, su paciencia, su perfeccionismo y jalones de oreja han formado mi carácter y forma de ser como persona y profesional.

A mi hermana por acompañarme y brindar su apoyo y cariño en cada uno de los procesos y etapas que he cruzado.

A Dany, Juan Pablo y Fercho por permitirme trabajar y aprender de ellos en Ingenious Works, mejorar mis habilidades y brindar su amistad.

Al Kairos CR por construirme como persona y fortalecer los valores que forman mi esencia hacia un buen profesional.

A mi tutor, y a todos mis ingenieros que me han brindado conocimiento, consejos y la capacidad de construir un criterio ético y profesional durante mi profesión.

A todos mis amigos que me han brindado apoyo y se han encontrado en mis mejores momentos, en especial a Sebas, Yoss, Jeff, Isra y Dany por ser mi cómplice y mi apoyo en muchos momentos importantes y cruciales durante mi vida.

Michael Colcha Ipiales

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de grado a Dios por brindarme la vida necesaria para poder cumplir mis diferentes etapas.

Dedico este trabajo a mi familia como fruto de todo el apoyo, dedicación, esfuerzo y amor que me han brindado en todos los aspectos para lograr finalizar mis estudios.

Dedico la finalización de este trabajo de grado a todos quienes me han brindado apoyo y han creído en mi trabajo y constancia.

Michael Colcha Ipiales

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el desarrollo y la implementación de un medidor de pH del suelo en un invernadero de rosas. El desarrollo de este dispositivo ayudará a reemplazar lo rústico de la medición de pH de manera manual a la medición mediante un dispositivo digital en las naves del invernadero con diferentes tipos de rosas.

El proceso de desarrollo comienza con la inducción del proyecto al beneficiario del invernadero para continuar con el proceso de recolección de información para obtener los requerimientos que el dispositivo debe cumplir.

En base a las características sintetizadas en la recolección de información, se procede al proceso de diseño y selección de componentes en la parte de software y hardware como es la comunicación, la interfaz, el sensor, el almacenamiento, con el fin de cumplir todo lo descrito en su funcionamiento dentro de un cultivo de rosas.

Finalizada la etapa de diseño y selección se procede con el montaje de todos los sistemas independiente en un mismo dispositivo embebido el cual cuenta con una interfaz gráfica y tres modos de funcionamiento con diferentes prestaciones y opciones durante su funcionamiento, al igual que su almacenamiento de mediciones para ser extraídas a posterior.

En los resultados se describe el funcionamiento final del dispositivo desarrollado, con su diseño de carcasa y componentes funcionales en armonía, la verificación del manejo de datos almacenados y una de sus posibles interpretaciones mediante gráficas, además de contar con un manual descriptivo que facilita entender su funcionamiento, calibración y mantenimiento.

## **ABSTRACT**

The thesis project consists of the development and implementation of a soil pH meter in a rose greenhouse. The development of this device will help to replace the crude manual pH measurement with a digital device in greenhouses with different types of roses.

The development process begins with the induction of the project to the beneficiary of the greenhouse to continue with the process of gathering information to obtain the requirements that the device must meet.

Based on the characteristics synthesized in the collection of information, we proceed to the design and selection process of components in the software and hardware part, such as communication, interface, sensor, storage, in order to meet all the requirements. described in its operation within a rose crop.

Once the design and selection stage has been completed, all the independent systems are assembled in the same embedded device, which has a graphical interface and three modes of operation with different features and options during its operation, as well as its measurement storage. to be removed later.

The results describe the final operation of the developed device, with its casing design and functional components in harmony, the verification of the handling of stored data and one of its possible interpretations through graphs, in addition to having a descriptive manual that facilitates understanding its operation, calibration and maintenance.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	I
CONSTANCIAS .....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DEDICATORIA .....	V
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT.....	VII
INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
OBJETIVOS .....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos .....	3
ALCANCE.....	4
JUSTIFICACIÓN .....	5
CAPÍTULO I .....	7
MARCO TEÓRICO .....	7
1.1. Las Flores en el Mundo.....	7
1.2. Floricultura.....	7
1.2.1. Actividades de la Floricultura .....	8
1.2.2. Tipos de Floricultura .....	8

1.2.3. Productos de la Floricultura .....	9
1.3. Importancia de la Floricultura.....	9
1.4. Floricultura en el Ecuador.....	9
1.4.1. Características de las Rosas Ecuatorianas.....	10
1.4.2. ¿Por qué las rosas ecuatorianas son tan codiciadas?.....	11
1.4.3. Rosas Ecuatorianas en los Oscar.....	11
1.5. Cultivo de Rosas .....	13
1.5.1. Características Botánicas .....	13
1.5.2. Taxonomía.....	13
1.5.3. Morfología.....	14
1.6. Variables Climáticas .....	18
1.7. Variables Climáticas en el Cultivo de Rosas .....	19
1.8. El pH en los Cultivos de Rosas.....	20
1.8.1. Medición de pH.....	20
1.8.2. Métodos de Medición de pH.....	21
1.8.3. Funcionamiento de un pH metro.....	21
1.8.4. Tipos de pH metros .....	24
1.8.5. Medición de pH del Suelo en el Cultivo de Rosas.....	27
1.9. Agricultura de precisión.....	27
1.10. Metodologías de gestión de proyectos .....	28
1.10.1. Metodología de Cascada .....	28
CAPITULO II.....	31

METODOLOGÍA.....	31
2.1. Metodología de Cascada: Fase 1 Análisis de Requisitos.....	31
2.1.1. Técnicas de recolección de información.....	31
2.1.2. Propósito y ámbito del sistema .....	32
2.1.3. Descripción del sistema.....	33
2.2. Metodología de Cascada: Fase 2 Diseño .....	34
2.2.1. Diagrama de Funcionamiento .....	34
2.2.2. Descomposición de Funcional .....	35
2.2.3. Valoración para Selección.....	36
2.2.4. Características de Placas de Microcontrolador .....	36
2.2.5. Características de Sensores de pH.....	39
2.2.6. Características de Pantallas .....	41
2.2.7. Características de Modulares SD .....	43
2.2.8. Características de Modulares de Tiempo Real.....	45
2.2.9. Selección de Sistema de Alimentación .....	47
2.2.10. Placa de distribución de Voltajes, Interrupciones y Pulsadores...	49
2.2.11. Diseño de Carcasa .....	50
CAPITULO III.....	55
IMPLEMENTACIÓN .....	55
3.1. Metodología de Cascada: Fase 3 Implementación.....	55
3.2. Flujogramas.....	55
3.2.1. Modo Medidor .....	57

3.2.2.	Modo Monitoreo .....	57
3.2.3.	Modo Historial .....	58
3.3.	Conexión de Componentes .....	59
3.3.1.	Medidor de pH .....	59
3.3.2.	Pantalla LCD 128x64.....	60
3.3.3.	Pulsadores e Interruptores .....	61
3.3.4.	RTC DS3231 .....	62
3.3.5.	Micro SD.....	63
3.3.6.	Sistema de Batería con Indicador de Carga .....	64
3.4.	Montaje .....	65
3.4.1.	Baquelitas.....	66
3.4.2.	Componentes.....	67
3.4.3.	Conexiones.....	70
3.4.4.	Atornillado .....	71
3.5.	Calibración.....	73
3.5.1.	pH Ácido .....	75
3.5.2.	pH Neutro.....	75
3.5.3.	pH Básico .....	76
3.6.	Funcionamiento.....	77
3.6.1.	Selector de Modos.....	77
3.6.2.	Modo Medidor .....	78
3.6.3.	Selecciones del Usuario .....	79

3.6.4. Modo Monitoreo .....	80
3.6.5. Modo Historial .....	81
3.6.6. Accionamiento Doble.....	82
3.6.7. Indicador de Carga .....	83
3.6.8. Datos almacenados.....	84
3.7. Costos.....	85
3.8. Metodología de Cascada: Fase 4 Verificación.....	86
3.8.1. Medición de Sustancias.....	86
3.8.2. Almacenamiento de Datos .....	89
3.8.3. Gráficas de datos almacenados .....	90
3.8.4. Inducción del dispositivo .....	94
3.9. Metodología de Cascada: Fase 5 Mantenimiento .....	95
CAPITULO IV .....	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	96
4.1. Conclusiones .....	96
Recomendaciones .....	98
BIBLIOGRAFÍA .....	99
ANEXOS .....	101
Anexo 1: Entrevista .....	101
Anexo 2: Datasheet LCD 128x64.....	102
Anexo 3: Datasheet RTC DS3231 .....	103
Anexo 4: Datasheet Micro SD .....	105

Anexo 5: Datasheet Arduino Mega 2560 .....	107
Anexo 6: Datasheet Sensor de pH con Electrodo Industrial.....	109
Anexo 7: Datasheet RPI Power Pack.....	110
Anexo 8: Código Arduino.....	111
Anexo 9: Manual de Uso .....	137
Anexo 10: Fotografías .....	147

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Países productores de Rosas.</i> .....	12
Figura 2 <i>Rosas ecuatorianas en los premios Oscar</i> .....	12
Figura 3 <i>Clasificación Botánica de la Rosa.</i> .....	14
Figura 4 <i>Raíces pivotantes</i> .....	15
Figura 5 <i>Tallos de rosas</i> .....	15
Figura 6 <i>Hojas de los rosales</i> .....	16
Figura 7 <i>Rosas de calidad</i> .....	17
Figura 8 <i>Fruto del rosal</i> .....	17
Figura 9 <i>Capaz del electrodo de pH</i> .....	22
Figura 10 <i>Interacción de iones de hidrogeno en una sustancia ácida</i> .....	22
Figura 11 <i>Interacción de iones de hidrogeno en una sustancia básica</i> .....	23
Figura 12 <i>Interacción de iones de hidrogeno en una sustancia neutra</i> .....	24
Figura 13 <i>Tipos de materiales de sensores de pH con electrodo</i> .....	24
Figura 14 <i>Tipos de membrana para sensores de pH con electrodo</i> .....	25
Figura 15 <i>Tipos de conexión para sensores de pH con electrodo</i> .....	27
Figura 16 <i>Fases de la metodología de Cascada</i> .....	29
Figura 17 <i>Diagrama de bloques general</i> .....	34
Figura 18 <i>Diagrama de bloques del Medidor</i> .....	35
Figura 19 <i>Diagrama de bloques del monitoreo</i> .....	35
Figura 20 <i>Diagrama de bloques del historial</i> .....	36

Figura 21 <i>Arduino Mega</i> .....	38
Figura 22 <i>Sensor de pH</i> .....	41
Figura 23 <i>Pantalla LCD 128x64</i> .....	43
Figura 24 <i>Modular microSD</i> .....	45
Figura 25 <i>RTC DS3231</i> .....	47
Figura 26 <i>RPI Power Pack</i> .....	48
Figura 27 <i>PCB de distribución de voltajes</i> .....	49
Figura 28 <i>PCB de conexión de RGB, pulsadores e interruptores</i> .....	50
Figura 29 <i>CAD the componentes del sistema de medición</i> .....	51
Figura 30 <i>Diseño y acople de la base inferior</i> .....	51
Figura 31 <i>Diseño y acople de la base superior</i> .....	52
Figura 32 <i>Carcasa del Medidor de pH con componentes instalados</i> .....	52
Figura 33 <i>Simbología para el manejo del dispositivo</i> .....	53
Figura 34 <i>Carcasa del Medidor de pH</i> .....	54
Figura 35 <i>Diagrama de Flujo General</i> .....	56
Figura 36 <i>Esquema de conexión del sensor pH</i> .....	60
Figura 37 <i>Esquema de conexión de pantalla LCD 128x64</i> .....	61
Figura 38 <i>Esquema de conexión de pulsadores e interruptores</i> .....	62
Figura 39 <i>Esquema de conexión del RTC DS3231</i> .....	63
Figura 40 <i>Esquema de conexión del Micro SD</i> .....	64
Figura 41 <i>Esquema de conexión del RGB y modular de batería</i> .....	65
Figura 42 <i>Baquelita con serigrafiado del circuito</i> .....	66

Figura 43 <i>Baquelitas listas</i> .....	66
Figura 44 <i>Baquelitas montadas</i> .....	67
Figura 45 <i>Interfaz del programa para impresión 3D</i> .....	68
Figura 46 <i>Impresión de carcasas</i> .....	69
Figura 47 <i>Montaje de componentes en la carcasa inferior</i> .....	70
Figura 48 <i>Montaje de componentes en la carcasa superior</i> .....	70
Figura 49 <i>Cableado general</i> .....	71
Figura 50 <i>Pernos de ajuste</i> .....	72
Figura 51 <i>Ajuste tipo gancho</i> .....	72
Figura 52 <i>Código del sensor de PH</i> .....	73
Figura 53 <i>Potenciómetro para la calibración del sensor de pH</i> .....	74
Figura 54 <i>Escala del pH</i> .....	74
Figura 55 <i>Sustancia de pH 4.00</i> .....	75
Figura 56 <i>Sustancia de pH 7.00</i> .....	76
Figura 57 <i>Medición del pH del agua potable</i> .....	76
Figura 58 <i>NaOH disuelto a 0.5 M</i> .....	77
Figura 59 <i>Botonera del medidor</i> .....	78
Figura 60 <i>Interfaz del Modo Medidor</i> .....	78
Figura 61 <i>Interfaz de selección de periodos de tiempo</i> .....	79
Figura 62 <i>Interfaz de selección de nave</i> .....	79
Figura 63 <i>Interfaz de selección de variedad de rosa</i> .....	80
Figura 64 <i>Interfaz de monitoreo</i> .....	80

Figura 65 <i>Mensaje No MICRO-SD</i> .....	81
Figura 66 <i>Interfaz de historial</i> .....	82
Figura 67 <i>Interfaz de portada</i> .....	82
Figura 68 <i>Tonalidad roja con parpadeo</i> .....	83
Figura 69 <i>Tonalidad amarilla</i> .....	83
Figura 70 <i>Tonalidad verde</i> .....	84
Figura 71 <i>Hojas de Excel de datos almacenados</i> .....	85
Figura 72 <i>Toma de mediciones de pH</i> .....	89
Figura 73 <i>Hoja de cálculo con los datos almacenados</i> .....	90
Figura 74 <i>Gráfica de mediciones registradas en un ciclo de monitoreo sin aditivos en el suelo.</i> .....	91
Figura 75 <i>Gráfica de mediciones registradas en un ciclo de monitoreo con riego en el suelo.</i> .....	92
Figura 76 <i>Gráfica de mediciones registradas en un ciclo de monitoreo con fumigación en el suelo.</i> .....	93
Figura 77 <i>Gráfica de mediciones registradas en un ciclo de monitoreo con la colocación abono en el suelo.</i> .....	94
Figura 78 <i>Inducción del medidor de pH del suelo</i> .....	95
Figura 79 <i>Selección de opciones del medidor</i> .....	147
Figura 80 <i>Calibración final del hardware del sensor de pH</i> .....	147
Figura 81 <i>Medición de pH del agua de cultivo por disolución de muestras de suelo en agua</i> .....	148

Figura 82 *Ajustes finales en el software.* ..... 148

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Métodos de medición de pH.</i> .....	21
Tabla 2 <i>Tabla resumen de la información obtenida por la entrevista</i> .....	32
Tabla 3 <i>Tabla comparativa de placas de microcontroladores</i> .....	37
Tabla 4 <i>Tabla de selección de tarjeta de microcontrolador</i> .....	37
Tabla 5 <i>Tabla comparativa de sensores pH</i> .....	39
Tabla 6 <i>Tabla de selección de sensor de pH</i> .....	40
Tabla 7 <i>Tabla comparativa de pantallas</i> .....	41
Tabla 8 <i>Tabla de selección de pantalla</i> .....	42
Tabla 9 <i>Tabla comparativa de modulares SD</i> .....	43
Tabla 10 <i>Tabla de selección de modular SD</i> .....	44
Tabla 11 <i>Tabla comparativa de modulares de reloj de tiempo real</i> .....	45
Tabla 12 <i>Tabla de selección del modular de reloj de tiempo real</i> .....	46
Tabla 13 <i>Tabla de consumo de componentes</i> .....	47
Tabla 14 <i>Tabla de costos de componentes para el medidor de pH</i> .....	85
Tabla 15 <i>Tabla comparativa de mediciones de sustancias</i> .....	86
Tabla 16 <i>Tabla de errores porcentuales por medición</i> .....	88

# **INTRODUCCIÓN**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Ecuador, la actividad agrícola enfocada en la floricultura, específicamente en el cultivo de rosas, muestra un crecimiento notable en la cantidad de pequeños productores instalados en diferentes sectores de Cayambe (Silva, 2020). Las grandes florícolas situadas en la región poseen instalaciones y herramientas optimizadas para el desarrollo del cultivo de flores (S.A., 2019), al contrario, los pequeños productores normalmente al no disponer de este tipo de instrumentos realizan esta actividad de manera artesanal basada en la experiencia del día a día (Remmers, 2000).

Los pequeños productores o invernaderos familiares gestionan el control de los cultivos basada en la experiencia adquirida volviéndose una causa de la reducción de la productividad de rosales de calidad. En la medición del pH esta práctica tradicional hace que el control de esta variable sea inexacto, y como respuesta, el agricultor tenga que utilizar mayores recursos en riego, químicos y tiempo para mantener los valores óptimos de pH para el crecimiento de la rosa (Rodríguez, 1999).

Un medidor de pH del suelo para el cultivo de rosas otorga al pequeño productor un instrumento con la capacidad de evaluar, analizar y aplicar las medidas necesarias de manera rápida y exacta para que el rosal se mantenga sano durante la producción diaria y así, pueda ofrecer siempre los mayores beneficios (OMEGA, 2021).

De esta manera, se presenta el desarrollo de un medidor de pH como un instrumento independiente y funcional que permite al agricultor medir y registrar los

valores de pH de manera exacta e inmediata indicando posibles anomalías dentro de los cultivos de rosales, reducir el uso de recursos excesivos y aumentar la producción de rosas de calidad cayambeñas.

# OBJETIVOS

## Objetivo General

- Construir un medidor de pH del suelo para monitoreo del crecimiento de la rosa.

## Objetivos Específicos

- Definir los requerimientos y especificaciones de diseño de un medidor de pH portátil.
- Diseñar el hardware y software de un medidor de pH del suelo de sencillo uso e interfaz amigable.
- Implementar el sistema de generación de grupos de registro de mediciones de pH del suelo en un cultivo de rosas.
- Validar el funcionamiento del sistema de medición mediante pruebas de campo y calibración.

## **ALCANCE**

Este trabajo de grado tiene la finalidad de construir un dispositivo portátil medidor de pH del suelo para el control del crecimiento de los cultivos de rosas, el cual, por medio de un microcontrolador y un sensor de pH realizará la medición de pH en periodos de tiempo ajustables por el usuario. Los valores de las mediciones serán procesadas y almacenadas en la memoria del microcontrolador y también se podrán almacenar en una memoria extraíble SD.

El sistema contará con la capacidad de crear grupos de mediciones en base a características como: el lugar o el tipo de rosa, etc., ajustable por el usuario. Toda esta información será visible en la pantalla del instrumento.

## JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador una de las actividades económicas más importantes del país es la producción agrícola, a lo largo de la extensión del territorio ecuatoriano se desarrollan gran variedad de cultivos en diferentes sectores. La variedad de climas hace que el país pueda disfrutar de todo tipo de cultivos.

Dentro de este sector agrícola se encuentra la floricultura, una producción que se encuentra en su auge de expansión y desarrollo. Los cultivos de rosas normalmente se desarrollan en sectores de climas fríos y dentro de invernaderos para lograr tener un control más preciso para el cuidado de estas plantas. Sin embargo, se debe realizar el continuo control de las variables climáticas como: humedad, conductividad, pH, temperatura, etc.

De esta manera, el desempeño del cultivo de rosas depende mucho de las estrategias y métodos que se utilicen para medir estas variables y con ello aplicar las medidas adecuadas para mantener sano el cultivo. Dentro de estas variables, el pH, es de extrema importancia para una rosa debido a que esta variable indica el estado del suelo para la correcta absorción de nutrientes.

El pequeño y mediano productor de este tipo de cultivos por defecto se basa en la experiencia como la principal fuente de conocimiento del estado de su plantación. Además, los elementos para la medición de esta variable tienden a ser rústicos y fáciles

de alterar (Método de medición de pH mediante el papel tornasol), además de necesitar varios elementos y cuidados al momento de realizar una sola medición.

En base a esto, este proyecto proporcionará al productor de rosas un dispositivo práctico, eficiente y confiable que le permita medir, almacenar, registrar y visualizar las mediciones de pH necesarias para el control de la plantación y para que el cultivo pueda siempre ofrecer el mejor desempeño.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

En el primer capítulo se detalla de manera jerárquica la importancia de la floricultura centrada en la producción de la rosa de exportación donde se muestran las características, condiciones y variables que intervienen en su cultivo haciendo un énfasis en una de estas variables, el pH. Además, se describe la implementación de la naciente agricultura de precisión mediante el uso de instrumentos que tienen como objetivo optimizar recursos para un mayor beneficio.

### 1.1. Las Flores en el Mundo

El arte de cultivar plantas ornamentales se origina desde hace milenios atrás; la habilidad del hombre por producir variedades de plantas que se utilizaban para su alimentación y protección, también, la utilizaban buscar la tranquilidad y la belleza estética (Rodríguez, 1999).

La planta ornamental se cultiva y comercializa con el objetivo de mostrar la belleza. Este tipo de plantas con normalidad crecen en invernaderos o al aire libre caracterizándose por sus flores llamativas, hojas únicas y sobre todo su aroma. Se encuentran diferentes tipos como: herbáceas, bulbosas, árboles, helechos, etc. (Viracocha, 2013).

A nivel mundial la producción de flores ornamentales forma uno de los primeros grupos de ingresos para los países que la cultivan. Un ejemplo de esto es Estado Unidos, donde su producción es el cuarto grupo en volumen de ventas atrás de la soja, el maíz y las hortalizas (Henao, 2016).

### 1.2. Floricultura

El objetivo de la floricultura es la producción industrializada óptima de capullos de flores o semillas para obtener nuevas variantes o estilos de flores. También, se centra en el mejoramiento, almacenamiento y el envasado de las flores, brotes y demás aspectos dentro de su producción.

### ***1.2.1. Actividades de la Floricultura***

La floricultura comprende un proceso de diferentes actividades que tienen como resultado una flor para ser comercializada. Entre las actividades dentro de este proceso se tiene:

**Des brotado**, en donde se realiza la poda de la planta para un estado limpio.

**Tratamiento post cosecha**, que comprende la adecuación del terreno para un nuevo cultivo.

**Fertilización**, que se centran en la realimentación de nutrientes necesarios del suelo para la planta.

**Conservación**, que involucra actividades de limpieza y mantenimiento.

**Corte**, es el corte de la flor lista para ser transportada o comercializada.

**Pinzado**, consiste en la eliminación de tallos extremos para la estimulación de las ramas laterales (Pineda, 2018).

### ***1.2.2. Tipos de Floricultura***

En la floricultura se tienen dos tipos según la razón de explotación:

La floricultura particular, este tipo hace referencia a todo lo relacionado a la jardinería y también el cultivo de plantas con flores variadas para su decoración.

La floricultura comercial, se realiza con fines de lucro. Las plantas ornamentales se encuentran dentro de procesos industriales y comerciales para obtener grandes volúmenes de producción de flores (Pineda, 2018).

### ***1.2.3. Productos de la Floricultura***

Las especies de flores de corte que mayor producción tienen son: el clavel; el crisantemo, conocida por ser la flor más producida y la reina de las flores, la rosa. Una vez recolectadas estas flores son comercializadas de diferentes maneras como: en canteros como las petunias, en macetas como plantas leñosas y bulbosas, y plantas cortadas para decoración como la rosa (Pineda, 2018).

### **1.3. Importancia de la Floricultura**

A nivel mundial uno de los mayores productores de flores es Holanda, Alemania el mayor comprador de flores. En América Latina Ecuador es el tercer país exportador y Colombia el mayor vendedor.

La producción de flores parte de una siembra coordinada, planificación para lograr cultivos de gran sustento, contribuyendo al progreso de las técnicas de cultivo, a partir de esto se pueden evidenciar ganancias comerciales en la parte económica, generando empleo revalorizando el agro volviendo a la floricultura una gran pilar del comercio mundial (Pineda, 2018).

### **1.4. Floricultura en el Ecuador**

En Ecuador el sector de la floricultura se destaca por ser el actor elemental y activo dentro de la economía que desarrolla el país, además de ser un protagonista en el mercado mundial. Esta actividad actualmente es una de las fuentes de empleo más grandes en relación con el espacio que necesita para poder desarrollarse. La floricultura ocupa el

tercer lugar dentro de las exportaciones de Ecuador donde genera un alto ingreso de divisas (Vélez & Sozoranga, 2016).

Las condiciones climáticas donde los extremos de temperatura se encuentran ausentes y prevalece una eterna primavera, además de la cantidad de horas de luz, hace que los cultivos de flores sean ideales. Es conocido que las rosas ecuatorianas son codiciadas a nivel mundial por sus únicas características, sin embargo, los primeros pasos para acentuar estos cultivos fueron difíciles. Mantener las plantaciones, buscar los insumos necesarios, buscar los mercados rentables eran los principales inconvenientes dentro del proceso de comercialización. No es hasta mediados de los noventa que el negocio de la floricultura mostro potencial y fue creciendo constantemente estableciendo mejor infraestructura y logística para cultivarla (Tucker, 2019).

Una vez implantada la economía de las flores se pudo evidenciar que las familias que trabajaban en estos cultivos tenían una fuente de trabajo diario para lograr cubrir sus necesidades. De aquí en adelante se ha marcado un punto de partida donde los objetivos principales han sido satisfacer la demanda de los múltiples consumidores a nivel mundial, donde cada flor otorga alegría y felicidad (Vélez & Sozoranga, 2016).

#### ***1.4.1. Características de las Rosas Ecuatorianas***

Las rosas ecuatorianas se plantan en las laderas de los Andes a unas alturas de entre 2000 m y 3000 m; comuna temperatura casi estable de 14 °C se vuelve el lugar propicio para una producción anual constante.

Las principales fincas florícolas se encuentran en la capital del país y Cayambe donde se encuentran instaladas alrededor de 629 granjas certificadas donde crecen alrededor de 471 tipos de rosas principalmente en los terrenos más fértiles. Algunas de las certificaciones con las que trabajan están plantaciones son: Grupo de Alto Control, The

Business Alliance for Secure Commerce, MPS, Rain Forest Alliance y Flor Ecuador (Roses, 2019).

#### ***1.4.2. ¿Por qué las rosas ecuatorianas son tan codiciadas?***

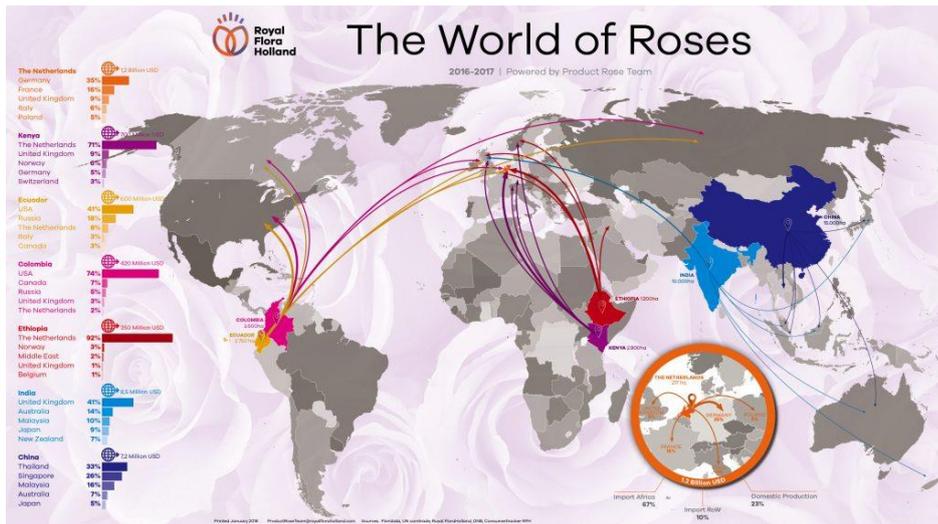
La flor ecuatoriana es codiciada por el tamaño de sus flores, el largo de sus tallos y su color, y principalmente por su durabilidad. El país al ubicarse por debajo de la línea ecuatorial goza con aproximadamente 12 horas de sol continuo lo que provoca que los rayos solares incidan perpendicularmente sobre las rosas haciendo que sus colores sean más brillantes, con una saturación del color y aspecto más atractivo.

Debido a su ubicación central, Ecuador se encuentra beneficiado en el tema de la movilización de sus rosas en comparación a sus competidores. Además, los productores tienen el desafío que hacer que las flores vivan aproximadamente veinte días después de haberse comprado y hasta cuatro semanas después de haberse cortado (Roses, 2019).

#### ***1.4.3. Rosas Ecuatorianas en los Oscar***

Las 400 variedades de rosa son exportadas a 160 destinos alrededor del mundo, Figura 1, donde Ecuador se ha vuelto el líder en países como Estados Unidos, Europa y Asia. En el tema de colores Estados Unidos prefiere rosas blancas, amarillas o rosadas; en el caso de Rusia, colores más brillantes. Finalmente, en las regiones asiáticas como China rosas bicolors o multicolors con tallos más cortos.

**Figura 1 Países productores de Rosas.**



*Nota.* Adaptado de ¿De dónde proceden las rosas?, de <https://www.variedadesderosas.com/blog/de-donde-proceden-las-rosas/>.

Un gran ejemplo de la magnificencia de las rosas ecuatorianas fue vista en la ceremonia 91ª de los Oscar en el año 2019, Figura 2, donde se emplearon más de cuarenta mil rosas infinitas rojas escarlatas; donde los cuidados y los detalles hicieron que las cataloguen como las rosas mejor conservadas del mundo (Roses, 2019).

**Figura 2 Rosas ecuatorianas en los premios Oscar**



*Nota.* Adaptado de 40.000 rosas preservadas de Ecuador adornaron el escenario de los Premios Oscar 2019, de

<https://www.eluniverso.com/noticias/2019/03/01/nota/7213700/40000-rosas-preservadas-ecuador-adornaron-escenario-premios-oscar/>.

## **1.5. Cultivo de Rosas**

Entre tantas plantas, representantes de la belleza y lo exótico, se tiene a la rosa. La Rosa en la actualidad es una de las flores de corte más conocida, más cultivada y solicitada debido a su amplia gama de colores, aromas y formas; es por eso que se la utiliza con un detalle decorativo de alta exquisitez al gusto del público consumidor (Álvares, 1980).

Esta gama tan amplia de flores es resultado a varios procesos de selección y cruzamiento donde las llamadas “híbridas” se destacan por el tamaño de la flor, el número de rosas y el uso que se destinan para estas plantas ornamentales (Caballero, 1997).

### ***1.5.1. Características Botánicas***

Las características botánicas cubren una amplia de contenidos acerca de los aspectos propios de los vegetales, así como, su composición química, organización celular, funcionamiento orgánico, etc. Para el caso de la rosa a continuación se detallarán algunos aspectos propios de esta exótica flor.

### ***1.5.2. Taxonomía***

(Rosa sp.) Las rosas son arbustos ornamentales cultivados por sus bellas flores, sus llamativos frutos y sobre todo su exuberante follaje (Aldan, 1999). Su clasificación dentro de la botánica es vista a continuación, Figura 3:

**Figura 3** *Clasificación Botánica de la Rosa.*

Reino .....	Vegetal
División .....	Espermatofitos
Subdivisión .....	Angiospermas
Clase .....	Dicotiledóneas
Orden .....	Rosales
Familia .....	Rosáceas
Tribu .....	Roseas
Género .....	Rosa
Especie .....	Sp.

*Nota.* Adaptado de Características Botánicas, de Ania Yong, 2004, El cultivo del Rosal y su Propagación.

### **1.5.3. Morfología**

Dentro de la familia de las Rosáceas se encuentra un grupo variado de plantas en base a su altura, desde algunas que no sobrepasan los 15 cm con diferentes tamaños y formas, hasta trepadoras que se extienden a los 12 m (Gibson, 1995). Estos cultivos son tan llamativos que se puede disfrutar de la sencillez y sutil belleza de la rosa silvestres y, además, contrastar con la suntuosidad de los capullos de las rosas más finas. Una de las características más prominentes de los cultivos híbridos es la inmutación de la tonalidad verdosa en sus tallos, hojas y capullos durante su floración continua (Fainstein, 1997).

### **Raíz**

La rosa tiene una raíz pivotante, profunda y vigorosa, Figura 4. En las plantas que nacen de estacas extraídas la raíz tiende a perder esta característica, de esta manera, el sistema radical pierde peso hasta llegar al 5% o 10% del peso total del rosal resultando en flores más pobres al cabo de uno o dos años. Es por esta razón que las plantas injertadas son más cultivadas, ya que poseen un sistema radical más desarrollado ofreciendo una mayor producción con flores de calidad (Vidalie, 1992).

**Figura 4** Raíces pivotantes



*Nota.* Adaptado de Raíz Pivotante, de

<https://www.jardineriaon.com/que-es-la-raiz-pivotante.html>.

## Tallo

Los rosales normalmente tienen ramas lignificadas con espinas y de variadas formas (Weyler & Kusery, 2001). El tallo de los rosales tiende a ser leñosos y finaliza siempre en una flor, Figura 5, siempre y cuando no ocurra un aborto (Fainstein, 1997).

**Figura 5** Tallos de rosas



*Nota.* Adaptado de Tallo de una Rosa con Espinas, de

<https://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-tallo-de-una-rosa-con-los-prickles-image8552220>.

## Hojas

En los rosales la hoja típica tiene una superficie lisa y compuesta por folíolos, de cinco a siete, Figura 6. Esta forma la tienen todas las variedades de rosa, sin embargo, el brillo de su superficie depende de la variedad de rosa logrando identificar tres grupos: brillante, semi brillante y mate (Hessayón, 1994).

**Figura 6** Hojas de los rosales



*Nota.* Adaptado de *Cómo son las Hojas de las Rosas*, de <https://www.jardineriaon.com/como-son-las-hojas-de-las-rosas.html>.

## Flores

Por la cantidad de hibridaciones existen diversas formas y características. De manera general, las flores son hermafroditas con una simetría radial, perianto bien desarrollado y se disponen de forma solitaria (Infoagro, 2018), Figura 7.

**Figura 7** *Rosas de calidad*



*Nota.* Adaptado de ¿Dónde comprar flores preservadas de alta calidad?, de <https://www.verdissimo.com/es/noticias/donde-comprar-flores-preservadas-de-alta-calidad>.

## **Frutos**

Tiene el nombre de cinorrodon, Figura 8. Es un poli aquenio encerrado en un receptáculo carnoso, ovalado y de una tonalidad rojiza en su madurez (Infoagro, 2018). Después de la caída de las flores, las vainas coloreadas y carnosas de algunos se vuelven nuevas y hermosas decoraciones en el jardín otoñal (Hessayón, 1994).

**Figura 8** *Fruto del rosal*



*Nota.* Adaptado de No la Toques, Así es la Rosa, de <https://jardinessinfronteras.com/2017/11/10/no-la-toques-asi-es-la-rosa/>.

## **1.6. Variables Climáticas**

Las variables climáticas son condiciones abióticas que influyen en el estado del medio. En la cuales se encuentran: la luz, el agua, la lluvia, la temperatura, la humedad, aire, viento, etc. (INDUANÁLISIS, 2019).

### **Temperatura**

Es el grado de frialdad o calor del medio. Este grado se expresa normalmente en grados Celsius dependiendo el sistema que manejen. Este factor climático se encuentra influenciado por la ubicación, la temperatura tiende a elevarse en los valles o las regiones cercanas a las selvas o el mar, mientras que descienden en las montañas y lugares altos.

### **Aire**

El aire es una gran mezcla de gases que proviene de un 75% de la tropósfera. Para la vida, el oxígeno y el dióxido de carbono son de gran importancia para los procesos de crecimiento y desarrollo.

### **Humedad relativa**

Más conocida como la cantidad de vapor de agua que existe en el aire, esta depende de la temperatura del lugar. A mayor temperatura la cantidad de vapor será mayor, este factor se los expresa en porcentaje de la cantidad máxima de vapor a cierta temperatura.

### **Vientos**

Estos pueden ser de dos tipos: planetarios o estacionarios y se desplazan movilizandohumedad de un lugar a otro. Estos vientos tienden a ser la razón al cambio de clima debido a que elevan el volumen de aire caliente a las montañas en las que se transforman en precipitaciones, lluvia.

## **1.7. Variables Climáticas en el Cultivo de Rosas**

Las variables climáticas son factores que influyen en el medio y a las especies que habitan ahí. A las plantas dependiendo del tipo pueden o no mejorar el crecimiento y desarrollo de estas. En el caso de las Rosas se deben tener en cuenta que variables y cuáles son sus características para que la producción de rosas de corte de calidad sea fructífera (Infoagro, 2018).

### **Temperatura**

La mayoría de los cultivos de rosa de corte se encuentran ubicados en lugares altos, donde los rangos de temperatura óptimos son de 17°C a 25°C con una temperatura mínimo de 15°C por las noches y una temperatura máxima de 28°C durante el transcurso del día.

Es importante mencionar que las rosas son muy sensibles a la temperatura donde: temperaturas muy bajas pueden ocasionar el retraso en el crecimiento, aumentar la cantidad de botones ciego (que no florece) y sobre todo producir pétalos arrugados y deformes. Las temperaturas altas ocasionan flores pequeñas, se reduce la cantidad de pétalos y los colores se vuelven opacos.

### **Humedad**

El porcentaje de humedad debe ser el correcto debido a que favorece a la apertura de las estomas de la flor, aumenta gas en el aire y mejora las condiciones para la aparición de enfermedades en los rosales.

De manera general, la humedad relativa debe mantenerse en rangos de 60% a 70%.

### **Luz**

La cantidad de luz para la rosa es de vital importancia, es por lo que se conoce a la rosa como una planta de día largo. La intensidad luminosa es responsable de la longitud, grosor y altura de los tallos y sobre todo del brillo de los colores de cada clase de rosa.

Por esta razón, la región ecuatoriana al encontrarse en un punto medio donde el sol recae directamente en los cultivos de rosales hace que la rosa ecuatoriana posea un atractivo único y codiciado en el mundo entero.

## **pH**

Los suelos donde se desarrollan los rosales deben ser ricos en sustrato disuelto y materia orgánica con una gran capacidad de aireación y drenaje. Es por lo que controlar el pH del suelo en un rango de 5,5 a 7 es vital para una producción de flores únicas.

### **1.8. El pH en los Cultivos de Rosas**

El suelo para el cultivo de rosas debe mantener un pH en un rango de 5,5 a 7, pero ¿Cuál es la razón? En el artículo (Rosas et al., 2017) se describe que alrededor del 40% de suelos cultivables tienden a ser ácidos. De esta manera, mediante un experimento lograron comprobar que al mantener un pH mayor a 5,5 la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las plantas es mucho mayor. En el caso de la rosas es beneficiosa en el desarrollo de los botones de cada tipo de flor resultando en una mayor cantidad de flores, mayor cantidad de pétalos y mejor tamaño (Roca & Martínez, 2018). Valores de pH fuera de estos rangos también se ven evidenciados en la proliferación de bacterias que ocasionan enfermedades a la planta, esto descrito se observa evidenciado en pruebas de laboratorio realizadas en el artículo de (Ramos & Zúñiga, 2008).

#### **1.8.1. Medición de pH**

El pH dentro de la química es una propiedad que mide el grado de alcalinidad o acidez de una solución, normalmente en agua. El valor de pH está directamente vinculada a las concentraciones de hidroxilo OH<sup>-</sup> e hidrógeno H<sup>+</sup> donde se tienen dos casos. Si la concentración de hidrogeno es mayor a la de hidroxilos la sustancia es acida con un valor menor a 7. Por otro lado, si la concentración de hidroxilo es mayor a la de hidrogeno la sustancia es básica teniendo un valor mayor a 7 (Osorio, 2012).

### 1.8.2. Métodos de Medición de pH

Para la medición de esta variable se conocen tres métodos comunes, los cuales (Oña Paucar, 2020) los describe en la Figura 1:

**Tabla 1** Métodos de medición de pH.

<b>Métodos de medición</b>				
<b>Método</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Ilustración</b>
Tiras de pH	Se introduce en la solución, Se saca y se compara el color de los cuadros con los de la caja.	Son muy simples de usar ya que solo se necesita visualizar los colores.	Tiene poca precisión, los colores pueden ser difíciles de distinguir	
Líquidos para medir pH	Consiste en sacar una muestra de solución de nutrientes, añadirle unas gotas de líquido y esperar hasta que cambie de color.	Solo se necesita comparar el color de las sustancias con los valores de la caja.	Se necesita de sustancias extra para mejorar la medición.	
pH metro	Es un dispositivo que permiten el monitoreo del pH en suelos, agua. Requiere introducirlos en la solución para luego mostrar el valor de la medición.	Mediciones más exactas ya que es un instrumento de medida digital.	Necesitan calibración y requieren cuidados especiales.	

*Nota.* Adaptado de Métodos de medición de pH, 2020, de Medición de pH y conductividad eléctrica para el control de un sistema hidropónico NFT.

### 1.8.3. Funcionamiento de un pH metro

Un pH metro por lo general se encuentra compuesto por un electrodo, el cual, se define como un dispositivo que genera un diferencial de potencial entre un electrodo de referencia y uno de medición, este elemento se utiliza para identificar si una sustancia es ácida o básica.

Cada electrodo se encuentra compuesto por diferentes capas de cristal o cerámica dependiendo el electrodo, Figura 9, las cuales les permite interactuar con los iones de hidrógeno de la sustancia donde es introducido teniendo tres casos específicos:

**Figura 9** Capaz del electrodo de pH



*Nota.* Adaptado de ¿Qué son los electrodos?, COMINTEC, de <https://www.youtube.com/watch?v=LXMEf0gPaNM>.

En la primera interacción se presentan una diferencia con la solución electrolítica donde si la cantidad de iones de hidrógeno que se encuentran en la parte externa del bulbo es mayor que la interna representa una sustancia ácida, Figura 10.

**Figura 10** Interacción de iones de hidrogeno en una sustancia ácida



*Nota.* Adaptado de ¿Qué son los electrodos?, COMINTEC, de <https://www.youtube.com/watch?v=LXMEf0gPaNM>.

En la segunda interacción se presentan una diferencia con la solución electrolítica donde la cantidad de iones de hidrógeno en la parte interna del bulbo es mayor que la externa representando una sustancia básica, Figura 11.

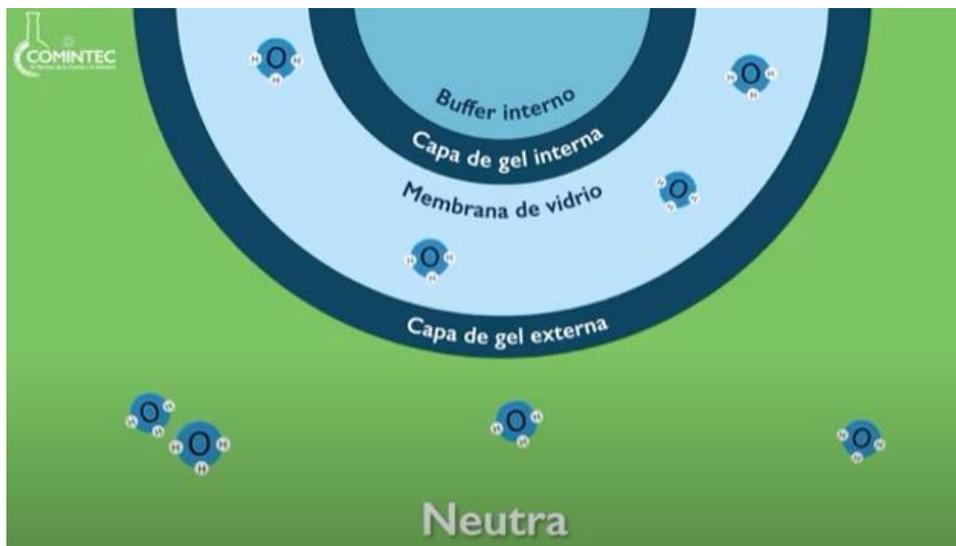
**Figura 11** Interacción de iones de hidrogeno en una sustancia básica



*Nota.* Adaptado de ¿Qué son los electrodos?, COMINTEC, de <https://www.youtube.com/watch?v=LXMEf0gPaNM>.

Y el tercer caso donde la cantidad de iones de hidrógeno dentro como fuera del bulbo son iguales, indican una sustancia neutra, Figura 12.

**Figura 12** Interacción de iones de hidrógeno en una sustancia neutra



*Nota.* Adaptado de ¿Qué son los electrodos?, COMINTEC, de <https://www.youtube.com/watch?v=LXMEf0gPaNM>.

#### 1.8.4. Tipos de pH metros

Los electrodos dependiendo de su uso también cuenta con una clasificación según tres parámetros:

##### **Material**

En este apartado se tienen tres materiales como son: el epóxico que es utilizado en campo o en laboratorios; el de vidrio es resistente a sustancias corrosivas y finalmente el metálico para usos en condiciones difíciles (sólidos o largo tiempos de trabajo), Figura 13.

**Figura 13** Tipos de materiales de sensores de pH con electrodo

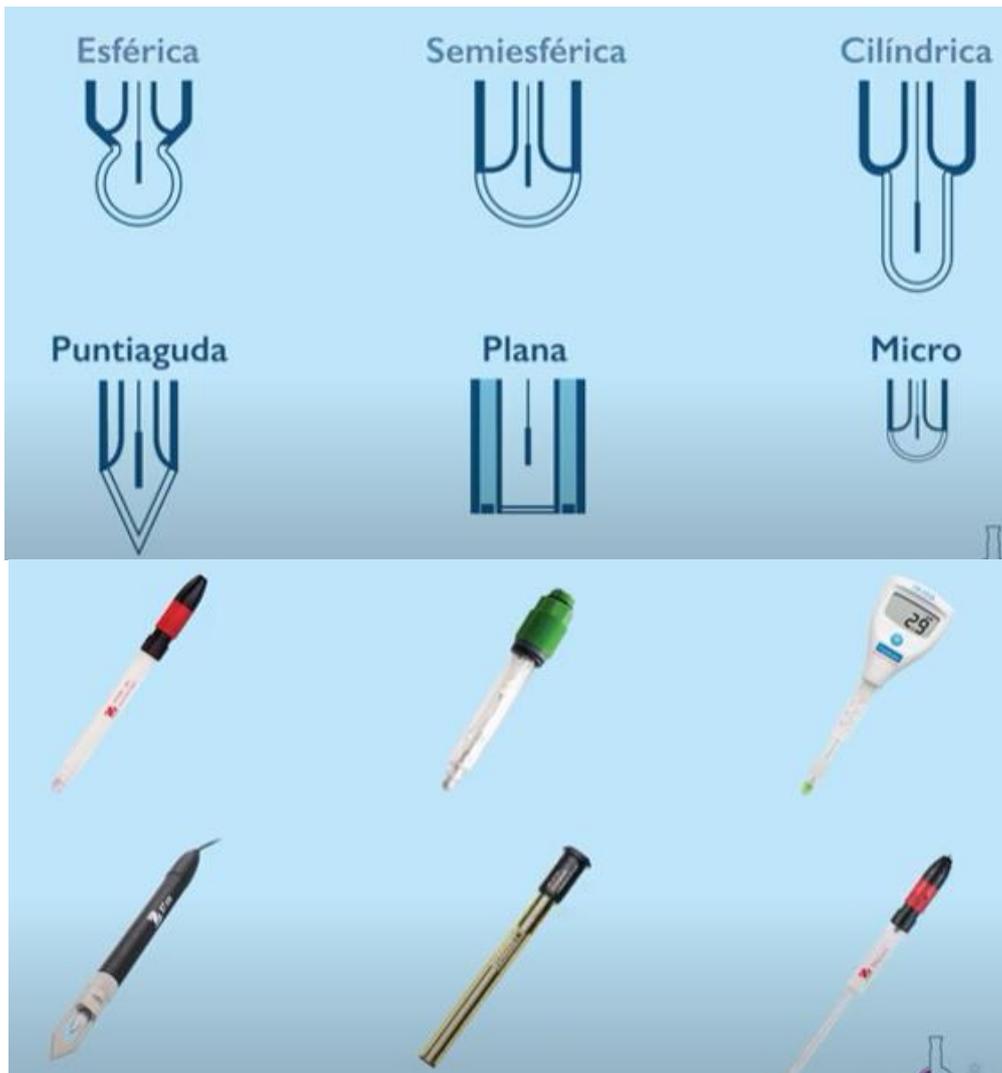


*Nota.* Adaptado de ¿Qué son los electrodos?, COMINTEC, de <https://www.youtube.com/watch?v=LXMEf0gPaNM>.

## **Membrana**

Para la formas de membranas se tiene un apartado más amplio como son: las esféricas para un uso a bajas temperaturas con resistencia a la contracción; las semiesféricas con una membrana solo en la parte inferior; las cilíndricas tienen una alta sensibilidad con un área de contacto más grande y resistencia baja; las puntiaguda para sólidos y semisólidos con fácil punción de muestras; las planas para superficies para muestras de un tamaño de una gota y una muy pequeña zona de contacto; las micro para muestras en tubos de reacción, Figura 14.

**Figura 14** *Tipos de membrana para sensores de pH con electrodo*



*Nota.* Adaptado de ¿Qué son los electrodos?, COMINTEC, de <https://www.youtube.com/watch?v=LXMEf0gPaNM>.

### **Conexión**

Para la conexión se encuentran los: BNC, DIN, 3.5mm, Type y conexión mediante bluetooth, Figura 15.

**Figura 15** Tipos de conexión para sensores de pH con electrodo



*Nota.* Adaptado de ¿Qué son los electrodos?, COMINTEC, de <https://www.youtube.com/watch?v=LXMEf0gPaNM>.

#### **1.8.5. Medición de pH del Suelo en el Cultivo de Rosas**

La medición de pH en los cultivos de rosas se la puede realizar de una manera artesanal o con la utilización de instrumentos. En muchos de los casos, en cultivos pequeños y medianos se utilizan las tiras de pH o papel tornasol y en los cultivos de grandes extensiones se suele ver la presencia de un pH metro o sensor de pH digital. Esto se debe al costo elevado de este instrumento y por otro factor que es el desconocimiento del proceso para realizar la medición con un dispositivo digital.

De esta manera, ofrecer una herramienta de bajo costo con más de una funcionalidad en la medición y registro del pH que permita al productor de rosas supervisar esta variable para mantener y mejorar su producción de rosas de calidad es el fuerte de este proyecto de tesis.

### **1.9. Agricultura de precisión**

Por lo general el uso de la agricultura tradicional tiende a basarse en recomendaciones para producir de la mejor manera una extensión de tierra procurando contrarrestar

cualquier anomalía que ponga en riesgo el cultivo que se desarrolla las cuales con el tiempo conllevan a procesos de deterioro ambiental e ineficiencia. La agricultura de precisión es un concepto novedoso que busca optimizar la producción agrícola sin afectar el agroecosistema. De esta manera, se implementan estrategias para lograr utilizar los insumos necesarios en la cantidad requerida, el sitio adecuado y el momento oportuno con la ayuda y desarrollo de tecnología electrónicas, mecánicas, de comunicación informáticas materializadas en instrumentos, maquinaria, mecanismos y sistemas embebidos que cumplan este objetivo (Leiva, 2020).

### **1.10. Metodologías de gestión de proyectos**

Para la realización de un proyecto se recomienda la implementación de una metodología de desarrollos de proyectos las cuales permiten tener una segmentación del proyecto en sus etapas esenciales y visualizar un avance progresivo del proyecto a realizarse. Existen diferentes metodologías entre las cuales se encuentra metodología de cascada.

#### ***1.10.1. Metodología de Cascada***

Esta metodología se centra en la organización de las diferentes etapas de desarrollo de un proceso de una manera rigurosa, donde, las etapas tienden a estar finalizadas por completo antes de avanzar a la siguiente etapa. Este proceso lineal y secuencial se describe por lo general en 5 etapas (González & Calero, 2019), Figura 16.

**Figura 16** Fases de la metodología de Cascada



*Nota.* Adaptado de Modelo de cascada, qué es y cuando conviene usarlo, de <https://blog.ganttpro.com/es/metodologia-de-cascada/>.

### **Requerimientos**

Esta fase se centra en la obtención de información suficiente para estructuras los requisitos que debe cumplir el proyecto a desarrollarse.

### **Diseño**

En esta fase se fragmenta y organiza el posible sistema a desarrollarse teniendo encuentra la parte de hardware y software dependiendo el caso, además de, especificar su estructura, funcionamiento e interacción con las partes que lo componente o agentes externos.

### **Implementación**

Partiendo del diseño previamente realizado se procede con la construcción y materialización del diseño realizado.

### **Verificación**

Las pruebas son el medio de verificación para consolidar si el diseño anterior es funcional o se ha realizado correctamente.

## **Mantenimiento**

La última fase describe los procesos de mantenimiento que debe tener el proyecto constantemente para poder asegurar su correcto funcionamiento en periodos largos de tiempo.

## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

El dispositivo que se va a desarrollar tiene la finalidad de convertirse en una herramienta versátil y funcional que permita al productor realizar varias actividades relacionadas a la medición y monitoreo de pH de las naves y variedades de rosas en un solo dispositivo portátil. En este capítulo se diseña el sistema embebido que se centra en su software y hardware para el funcionamiento de sus partes y su interacción con las mismas.

#### **2.1. Metodología de Cascada: Fase 1 Análisis de Requisitos**

La primera Fase se centra en la obtención de información necesaria para la estructuración de los requerimientos de los beneficiarios por medio de la utilización de diversas herramientas.

##### ***2.1.1. Técnicas de recolección de información***

Para la investigación y análisis de información que se recolecta de terceros existen diferentes técnicas las cuales permiten desenvolver los datos recolectados y sintetizarlos en requerimientos específicos, una de estas herramientas es la entrevista.

##### **2.1.1.1. Entrevista**

Mediante la entrevista realizada a los beneficiarios se busca obtener la mayor cantidad de información útil que permita estructurar la funcionalidad del prototipo a desarrollarse con respecto a: software, hardware, comunicación, entradas y salidas del sistema embebido. Para esto el entrevistador debe contar con una inducción previa relacionado al proyecto para poder detallar al máximo las necesidades que

debe cumplir el siguiente proyecto, sin embargo, la entrevista también tiene que ser directa, clara y concreta, como se observa en el Anexo 1.

### 2.1.1.2. Situación inicial

Obtenida la información necesaria se realiza un análisis para recopilar los puntos más significativos como se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2** *Tabla resumen de la información obtenida por la entrevista*

REQUERIMIENTOS OBTENIDOS EN LA ENTREVISTA				
REQUERIMIENTO DEL USUARIO	REQUERIMIENTO TÉCNICO	PRIORIDAD		
		BAJA	MEDIA	ALTA
Medición de pH del suelo	Utilización de sensor con electrodo			X
Mediciones buenas	Sensor de uso semi industrial o industrial			X
Dispositivo pequeño	Compacto, portable con buena autonomía			X
Dispositivo barato	Costo accesible			X
Durable	Materiales y sensores de calidad		X	
Fácil uso	HMI o botonera intuitiva			X
Fácil calibración	Ajuste por hardware o software			X
Fácil mantenimiento	Mantenimiento rápido y periódico		X	
Reparable	Desmontable	X		
Tenga registros	Almacenamiento de datos			X
	Selección de opciones de registro			X
	Opciones relacionadas al cultivo			X

### 2.1.2. Propósito y ámbito del sistema

El propósito de este proyecto es diseñar y construir un dispositivo electrónico que permita medir el pH del suelo de los cultivos de rosas de manera sencilla y que además pueda ser

portable para lograr monitorear diferentes cultivos. El objetivo de este quipo es mejorar el proceso de cuidado de los cultivos y anticiparse ante anomalías causadas por las variaciones de pH reduciendo gastos en químicos para contrarrestar enfermedades por la falta de control y cuidado inmediato en las plantaciones de rosas.

### ***2.1.3. Descripción del sistema***

El dispositivo partirá del diseño e implementación de la electrónica para generar un dispositivo compacto portable con una autonomía considerable que mida el pH del suelo y lo muestre de manera inmediata en un panel digital en el dispositivo. Además, permitirá generar un registro que puede ser analizado exteriormente con diferentes opciones antes de empezar el proceso de monitoreo.

#### **2.1.3.1. Riesgos**

Antes de empezar el proceso se pueden estimar diferentes riesgos potenciales que pueden afectar en el desarrollo o producto final. Los cuales se observan a continuación:

- En las pruebas el hardware no responda como debería.
- Las lecturas no sean confiables.
- El material no resista al tiempo.
- Los sensores y la electrónica fallen.
- Fallas durante el montaje del sistema.
- Se necesite más recursos de los estimados.
- Algunas características del diseño sea muy complejo realizarlo.

#### **2.1.3.2. Restricciones**

Así como existen posibles riesgos que puedan surgir, se puede realizar una estimación de algunas restricciones que puede tener el producto final durante su desarrollo que afecte parcial o totalmente el proyecto. Se enlistan a continuación:

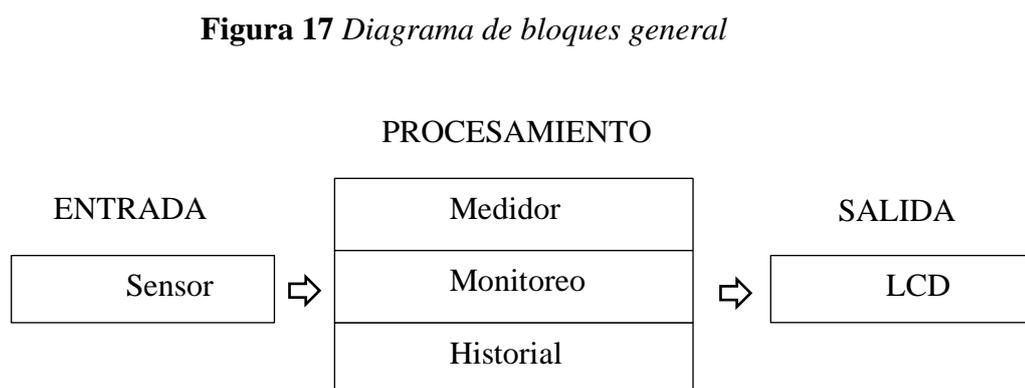
- Usuarios que podrán utilizar el dispositivo.
- Utilización de software libre.
- Interfaz, minimalista y comprensible.
- Modulares Electrónicos.
- Componentes adquiribles en el mercado local.

## 2.2. Metodología de Cascada: Fase 2 Diseño

La segunda fase en la metodología de cascada se centra en la formulación de la solución en base a los apartados anteriores. En esta sección se realiza un plan a detalle de las partes que componen al dispositivo como son: hardware, software, diseño de carcasas, entorno de trabajo, etc.

### 2.2.1. Diagrama de Funcionamiento

El medidor de pH cuenta con tres funcionalidades esenciales que lo hacen distinguirse de los demás pH metros convencionales. El usuario, en este caso el productor podrá manejarse entre tres opciones sencillas de operar: Medidor, Monitoreo e Historial, Figura 17.



**Figura 17** Diagrama de bloques general

*Nota.* Diagrama de Bloques del Funcionamiento del Sistema.

### 2.2.2. Descomposición de Funcional

Dentro de cada opción seleccionada por el usuario se ejecutan varios procesos describiendo entradas y salidas diferentes.

#### 2.2.2.1. Medidor

El modo medidor utiliza como entradas la lectura del sensor, y los datos de reloj y fecha que se procesan para generar un valor de pH estable y con ello graficar los valores en la interfaz gráfica de la pantalla, Figura 18.

**Figura 18** Diagrama de bloques del Medidor



*Nota.* Descomposición funcional: Medidor.

#### 2.2.2.2. Monitoreo

El modo monitoreo utiliza los valores del sensor del pH (se realiza el promedio para tener un valor estable), además se toman los datos de fecha y reloj para ser almacenadas en la SD y a su vez ser graficadas en la pantalla, Figura 19.

**Figura 19** Diagrama de bloques del monitoreo

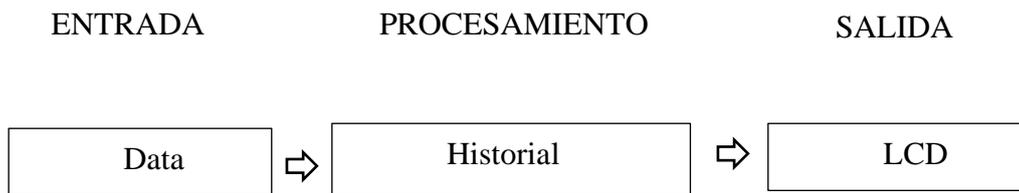


*Nota.* Descomposición funcional: Monitoreo.

### 2.2.2.3. Historial

El modo historial es una funcionalidad que te permite observar en la interfaz gráfica la información del último registro que se almaceno en la SD, Figura 20.

**Figura 20** Diagrama de bloques del historial



*Nota.* Descomposición funcional: Historial.

### 2.2.3. Valoración para Selección

Dentro de la caracterización del sistema se realiza una comparativa entre los componentes que cumplen una misma función para mediante una tabla de criterios poder cuantificar y seleccionar el elemento más idóneo.

En las tablas de selección se utilizan tres valores: 0, 0.5, 1. El valor 0 describe que la característica de ese componente en contraste a otros no es funcional. El valor de 0.5 describe que la característica de ese componente es utilizable o cumple con ciertas condiciones que lo hacen aplicable al sistema. El valor 1 describe que la característica de ese componente es ideal para ser implementado al sistema de medición de pH.

### 2.2.4. Características de Placas de Microcontrolador

Actualmente existen varias tarjetas de microcontroladores que se pueden emplear para la programación y generación de un dispositivo. Una de las tantas tarjetas que hay

en el mercado son las tarjetas de Arduino, que debido a su costo reducido y libre programación la hacen idóneas para este proyecto. A continuación, se presenta una tabla con las características de estas tarjetas, Tabla 3.

**Tabla 3** *Tabla comparativa de placas de microcontroladores*

TARJETAS MICROCONTROLADORAS				
Descripción	Arduino MEGA	Arduino UNO	Arduino NANO	Arduino PRO MINI
CARACTERÍSTICAS				
Controlador	ATmega2560	ATmega328P		ATmega328P
Pines Digitales	54			
Pines Analógicos	16			
Programación	IDE Arduino	IDE Arduino	IDE Arduino	
Voltaje de Trabajo	5V	5V	5V	5V
Flash	256 KB	32 KB	32 KB	32 KB
SRAM	8 KB	2 KB	2 KB	2 KB
EEPROM	4 KB	1 KB	1 KB	1 KB
Clock Speed	16 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	8 MHz o 16 Mhz
Dimensiones	101.52 mm x 53.3 mm	68.9 mm x 53.4 mm	18 mm x 45 mm	18 mm x 33 mm
Temperatura de Trabajo	Hasta 100°C	Hasta 100°C	Hasta 100°C	Hasta 100°C
Costo	25.00 USD	11.00 USD	8.00 USD	7.00 USD

Nota. Esta tabla detalla las características esenciales de cada tarjeta de microcontroladores.

#### 2.2.4.1. Selección de Placa de Microcontrolador

Partiendo de las características que ofrece cada una de las tarjetas se estructura una tabla de evaluación de criterios que permite seleccionar la tarjeta idónea para el sistema, Tabla 4.

**Tabla 4** *Tabla de selección de tarjeta de microcontrolador*

TARJETAS MICROCONTROLADORAS				
Criterio	Arduino MEGA	Arduino UNO	Arduino NANO	Arduino PRO MINI
VALORACIÓN				
Pines D/A	1	0.5	0	0

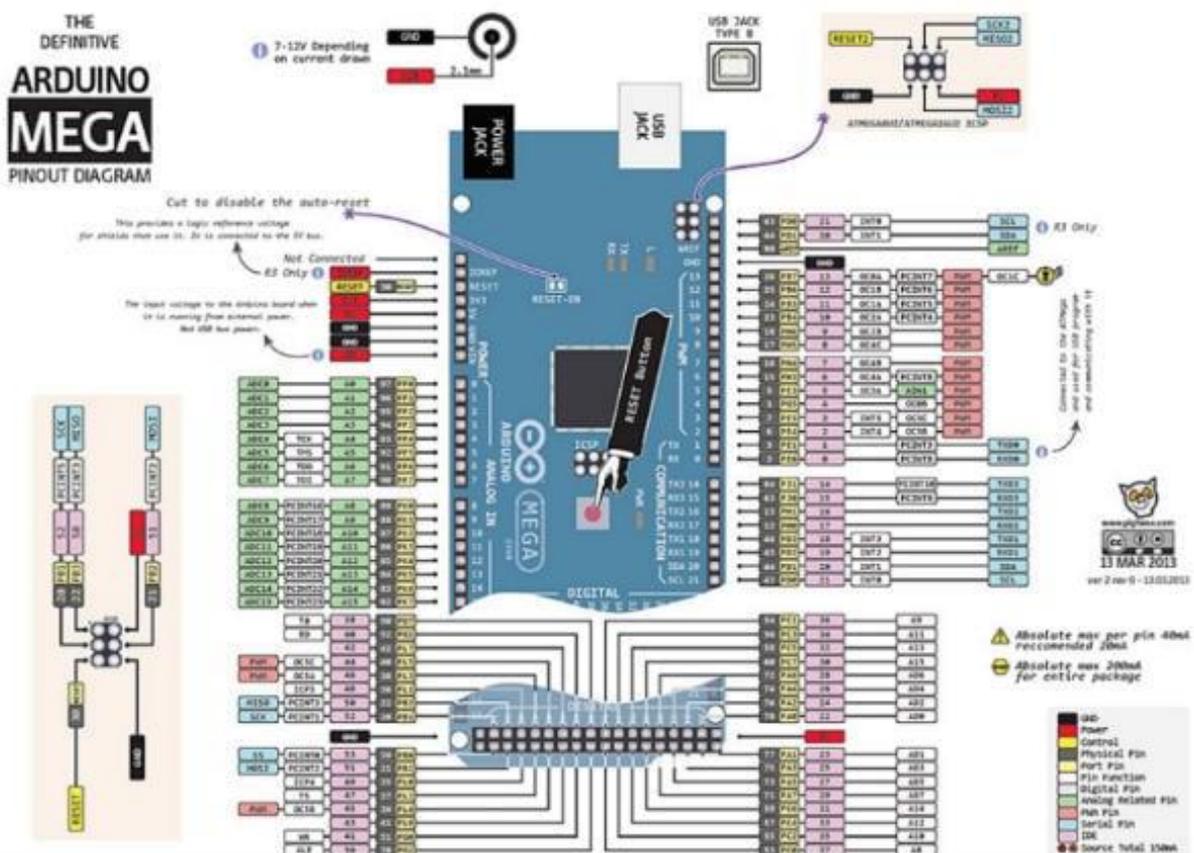
Procesamiento	1	0.5	0	0
Dimensiones	0	0.5	1	1
Precio	0.5	0.5	1	1
TOTAL	2.5	2	2	2

*Nota.* Esta tabla muestra la valoración de criterios para la selección de un microcontrolador.

### 2.2.4.2. Arduino Mega

El Arduino Mega es una tarjeta de microcontrolador que utiliza el Atmega2560 para su procesamiento, posee 54 pines digitales que se las puede utilizar de entradas y salidas, además, 15 de estos pines pueden ser utilizados como salidas PWM. Posee 16 entradas analógicas, su oscilador es de 16MHz con una conexión USB para la programación desde un PC, un puerto de carga de hasta 12 V, Figura 21.

**Figura 21** Arduino Mega



*Nota.* Adaptado de Arduino Mega 2560 R3, de <https://www.vistronica.com/board-de-desarrollo/arduino/board/arduino-mega-2560-r3-compatible-detail.html>.

### 2.2.5. Características de Sensores de pH

Para el dispositivo a desarrollarse se necesita un sensor que tenga las prestaciones necesarias para brindar una medición confiable. De esta manera se realiza una comparativa de características de dos sensores que trabajan con arduino y son comerciales, Tabla 5.

**Tabla 5** Tabla comparativa de sensores pH

SENSOR DE PH		
Descripción	Sensor de pH Analógico con Electrodo Industrial	Sensor de pH Analógico con Electrodo
CARACTERÍSTICAS		
Código	DF ROBOT ITEM # SEN 0169	DF ROBOT ITEM # SEN 0161
Rango	0 - 14 pH	0 - 14 pH
Exactitud	0.1 pH	0.5 pH
Programación	IDE Arduino	IDE Arduino
Voltaje de Trabajo	5VDC	5VDC
Temperatura de Trabajo	0 - 60°C	0 - 60°C
Tiempo de Respuesta	< 1 min	< 2 min
Dimensiones	43 mm x 32 mm	43 mm x 32 mm
Tipo	Electrodo Industrial	Electrodo Comercial
Acondicionador	3 cables	6 cables
Vida Útil	> 1 Año	
Costo	67.84 USD	34.00 USD

*Nota.* Esta tabla detalla las características esenciales de dos sensores comerciales de pH utilizables con Arduino.

#### 2.2.5.1. Selección de Sensor de pH

La selección del sensor de pH se fundamentó en su resolución para una buena medición, el tiempo de respuesta y sobre todo la vida útil, Figura 6.

**Tabla 6** *Tabla de selección de sensor de pH*

Criterio	SENSOR DE PH	
	Sensor de pH Analógico con Electrodo Industrial	Sensor de pH Analógico con Electrodo
Exactitud	1	0.5
Tiempo de Respuesta	0.5	0.5
Electrodo	1	0.5
Costo	0.5	1
Vida Útil	1	0.5
TOTAL	4	3

*Nota.* Esta tabla muestra la valoración de los criterios de selección del sensor de pH.

#### **2.2.5.2. Sensor de pH analógico con Electrodo Industrial**

Este sensor de pH posee una conexión simple mediante un conector BNC, al poseer un electrodo industrial se vuelve un sensor bastante robusto para soportar condiciones adversas en el medio donde se implemente, esta característica es esencial para el empleo de la medición en suelos, los cuales tienden a ser bastantes cambiantes según su humedad, Figura 22.

**Figura 22** *Sensor de pH*



*Nota.* Adaptado de Sensor de pH con electrodo industrial, de <https://www.vistronica.com/sensores/sensor-de-ph-analogico-con-electrodo-industrial-para-arduino-detail.html>.

### 2.2.6. *Características de Pantallas*

El medidor de pH cuenta con una interfaz gráfica que se visualiza en una pantalla. En esta se debe observar la información de manera clara y dinámica donde se pretendía implementar un panel táctil para una experiencia mejorada y actual. Sin embargo, el medio donde se utilizaría hace que esta opción sea descartada. A continuación, se presenta una tabla comparativa de características de algunas pantallas, Tabla 7.

**Tabla 7** *Tabla comparativa de pantallas*

PANTALLA LCD/TFT				
Descripción	LCD I2C 16X2	LCD 128X64	LCD TFT 800X640	Adicional Touch
CARACTERÍSTICAS				
Código	ST 17068	ST 790		

Programación	IDE Arduino	IDE Arduino	IDE Arduino	IDE Arduino
Voltaje de Trabajo	5 VDC	5 VDC	9 VDC	
Temperatura de Trabajo	Hasta 60°C	Hasta 50°C	Hasta 50°C	
Driver	ST 17068	ST 790		ST 7920
Dimensiones	80 mm x 36 mm	93 mm x 70 mm	120 mm x 75 mm	93 mm x 70 mm
Comunicación	I2C	SPI	TTL	SPI
Costo	8.5 USD	14.00 USD	80.00 USD	11.00 USD

*Nota.* Esta tabla detalla las características esenciales varias pantallas utilizables con Arduino.

### 2.2.6.1. Selección de Pantalla

Para la selección de la pantalla a utilizarse se fundamentaron en la sencillez de su programación y su costo. De esta manera tenemos la siguiente Tabla 8.

**Tabla 8** *Tabla de selección de pantalla*

Descripción	PANTALLA LCD/TFT		
	LCD I2C 16X2	LCD 128X64	LCD TFT 800X640
Programación	1	1	0.5
Dimensiones	1	0.5	0.5
Comunicación	1	1	1
Costo	1	1	0.5
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>3.5</b>	<b>2.5</b>

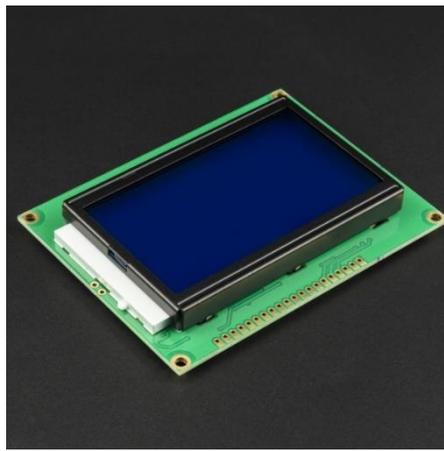
*Nota.* Esta tabla muestra la valoración de los criterios de selección de la pantalla LCD.

En esta selección se obtuvo como mejor opción la pantalla LCD 16x2. Sin embargo, su tamaño y cantidad de pixeles dificultaría bastante la presentación y entendimiento de la información necesaria del sistema. De esta manera, se utiliza la segunda mejor opción la cual con una resolución de 128x64 pixeles permite jugar en la interfaz para ser atractiva al usuario.

### 2.2.6.2. LCD 128x64

Gracias a sus dimensiones y la resolución de 128 x64 pixeles que maneja, esta pantalla permite mostrar gráficos, y casi todo elemento que se pueda crear para una interfaz más dinámica y atractiva, destacando también lo sencillo que es realizar los gráficos mediante el IDE Arduino (Anexo imagen de las caratulas), Figura 23.

**Figura 23** Pantalla LCD 128x64



*Nota.* Adaptado de Pantalla LCD Backlight Azul, de <https://www.vistronica.com/display/pantalla-lcd-128x64-blacklight-azul-detail.html>.

### 2.2.7. Características de Modulares SD

Este sensor pH cuenta con un estado de monitoreo, para esto se emplea un modular el cual facilita almacenar la información de las medidas en una memoria externa. Para este componente se han analizado dos alternativas, Tabla 9.

**Tabla 9** Tabla comparativa de modulares SD

	MODULAR	
Descripción	Módulo SD	Módulo MicroSD
	CARACTERÍSTICAS	
Código Programación	IDE Arduino	IDE Arduino

Voltaje de Trabajo	5 VDC	5 VDC
Temperatura de Trabajo	Hasta 60°C	Hasta 60°C
Dimensiones	5.1 cm x 3.1 cm	42 mm x 24 mm
Comunicación	SPI	SPI
Costo	2.00 USD	3.00 USD

*Nota.* Esta tabla detalla las características esenciales de dos modulares SD comerciales.

### 2.2.7.1. Selección de Modular SD

Este modular también debe acoplarse a una característica esencial, el tamaño. Como el dispositivo es portátil el componente debe ser lo más pequeño posible. Para esta selección se tomaron características como la ejemplificada anteriormente, Tabla 10.

**Tabla 10** Tabla de selección de modular SD

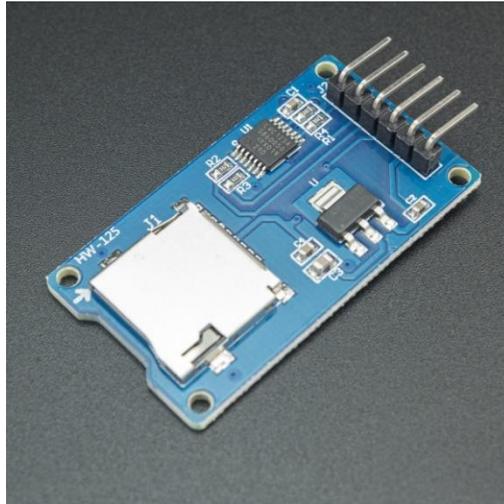
Criterio	MODULAR	
	Módulo SD	Módulo MicroSD
	VALORACIÓN	
Dimensiones	0.5	1
Tarjeta Para Utilizar	0.5	1
Comunicación	1	1
Costo	1	0.5
TOTAL	3	3.5

*Nota.* Esta tabla muestra la valoración de los criterios de selección del modular SD.

### 2.2.7.2. Modular Micro SD

Este modular de almacenamiento de datos es el más pequeño y sencillo de conseguir comercialmente. Utiliza una microSD que actualmente es una tarjeta muy común utilizada para expandir el almacenamiento en los celulares inteligentes. Su comunicación es SPI alimentada por unos 5 VDC, Figura 24.

**Figura 24** *Modular microSD*



*Nota.* Adaptado de Módulo Lector Escritor SPI TF de Memoria Micro SD para Arduino, de <https://www.vistronica.com/modulos/lector-tf-spi-sdio-micro-sd-detail.html>.

### 2.2.8. *Características de Modulares de Tiempo Real*

Para el almacenamiento de datos es importante tener el registro del tiempo y fecha de cuando fue tomada la medición, para eso, existen modulares de tiempo real semejantes a un reloj de mano, pero de manera digital se puede utilizar esos datos para generar reportes. Se han analizado dos alternativas muy próximas, Tabla 11.

**Tabla 11** *Tabla comparativa de modulares de reloj de tiempo real*

RELOJ EN TIEMPO REAL		
Descripción	RTC DS1307	RTC DS3231
CARACTERÍSTICAS		
Código	DS1307	DS3231
Programación	IDE Arduino	IDE Arduino
Voltaje de Trabajo	5 VDC	5 VDC
Temperatura de Trabajo	Hasta 60°C	Hasta 60°C
Dimensiones	17.78 mm x 17.78	32 mm x 28 mm
Desfase	25 mins/semana	10 mins/365días

Comunicación	I2C	I2C
Costo	1 USD	1.95 USD

*Nota.* Esta tabla detalla las características esenciales de dos modulares de tiempo real comerciales.

### 2.2.8.1. Selección de Modular de Tiempo Real

Para la selección del modular de tiempo real se analizaron algunas características en base al manejo del tiempo, Tabla 12.

**Tabla 12** *Tabla de selección del modular de reloj de tiempo real*

Criterio	RELOJ EN TIEMPO REAL	
	RTC DS1307	RTC DS3231
Dimensiones	1	0.5
Desfase	0	1
Comunicación	1	1
Costo	1	0.5
TOTAL	3	2.5

*Nota.* Esta tabla muestra la valoración de los criterios de selección del modular de reloj de tiempo real.

La selección salió favorable al RTC DS1307, sin embargo, su desfase de tiempo hace que se vuelva una mala opción en cuanto al monitoreo. Por esta razón se utiliza el RTC DS3231.

### 2.2.8.2. RTC DS3231

El módulo RTC DS3231 maneja una comunicación I2C para la obtención de la hora y fecha. Este modular cuenta con una pila de 1.2 voltios como alimentación independiente. Este modular en especial cuenta con un desfase de 10 minutos en un lapso de 365 días lo que le hace mejor al DS1307, Figura 25.

**Figura 25** RTC DS3231



*Nota.* Adaptado de Módulo Reloj de Precisión RTC DS3231/AT24C32, de <https://www.vistronica.com/modulos/modulo-reloj-del-precision-rtc-ds3231-at24c32-detail.html>.

### 2.2.9. Selección de Sistema de Alimentación

El dispositivo de portátil debe tener una manera de alimentarse independientemente. Para esta situación se emplean modulares de carga y descarga junto a una batería recargable. Sin embargo, la incertidumbre empieza al decidir qué modular elegir.

#### 2.2.9.1. Dimensionamiento Eléctrico

Un aspecto esencial para tener en cuenta es el consumo que tendrá el dispositivo en mA en una hora. Para esto hay que tener en cuenta que el sistema debe encontrarse en la peor condición de funcionamiento, todos los elementos funcionando. En base a esto se genera una tabla de consumo de los componentes, Tabla 13.

**Tabla 13** *Tabla de consumo de componentes*

DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO			
Componente	Consumo	Unidades	Tiempo
Arduino MEGA	150	mA	1 hora
Sensor pH	100	mA	1 hora
Modular MicroSD	200	mA	1 hora

Modular RTC DS3231	1.5	mA	1 hora
LCD 128x64	300	mA	1 hora
RGB	100	mA	1 hora
Modular de Carga y Descarga	50	mA	1 hora
Pulsadores	50	mA	1 hora
<b>TOTAL</b>	<b>952</b>	<b>mA</b>	<b>1 hora</b>

*Nota.* Esta tabla muestra el consumo en mA en un lapso de una hora para poder dimensionar la capacidad de la batería a implementarse.

### **2.2.9.2. RPI Power Pack**

De entre varios modulares de carga y descarga de baterías se encuentra la gama RPI Power Pack la cual es una extensión para otra placa de microcontrolador, Raspberry Pi. Lo que hace idónea a esta placa para este proyecto es que maneja una batería de 3.7 voltios en corriente continua con una capacidad de 3800 mA casi 4 veces más el consumo total del dispositivo, otorgándole una independencia competitiva, Figura 26.

Dentro de estos detalles hay que mencionar que la tarjeta arduino debe estar conectado a una fuente de 5 voltios para mostrar su mayor capacidad. Es aquí donde reluce el modular RPI Power Pack, ya que cuenta con una parte de potencia la cual recibe los 3.7 voltios de la batería y da como salida un voltaje de 5 voltios aptos para la tarjeta arduino.

**Figura 26** *RPI Power Pack*



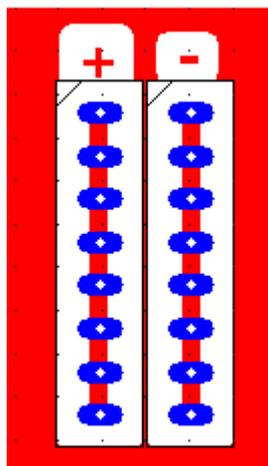
*Nota.* Adaptado de Rpi Powerpack V1.0 Lithium, Batería Tarjeta, de

[https://wiki.geekworm.com/index.php/RPI\\_Lithium\\_Battery\\_Expansion\\_Board\\_SKU:435230](https://wiki.geekworm.com/index.php/RPI_Lithium_Battery_Expansion_Board_SKU:435230).

### ***2.2.10. Placa de distribución de Voltajes, Interrupciones y Pulsadores***

Debido a que el arduino mega cuenta con limitados puertos de alimentación de 5 voltios insuficientes para abastecer todos los componentes que se conectan a este microcontrolador se diseña un PCB para ser impreso y montado en una baquelita, Figura 27.

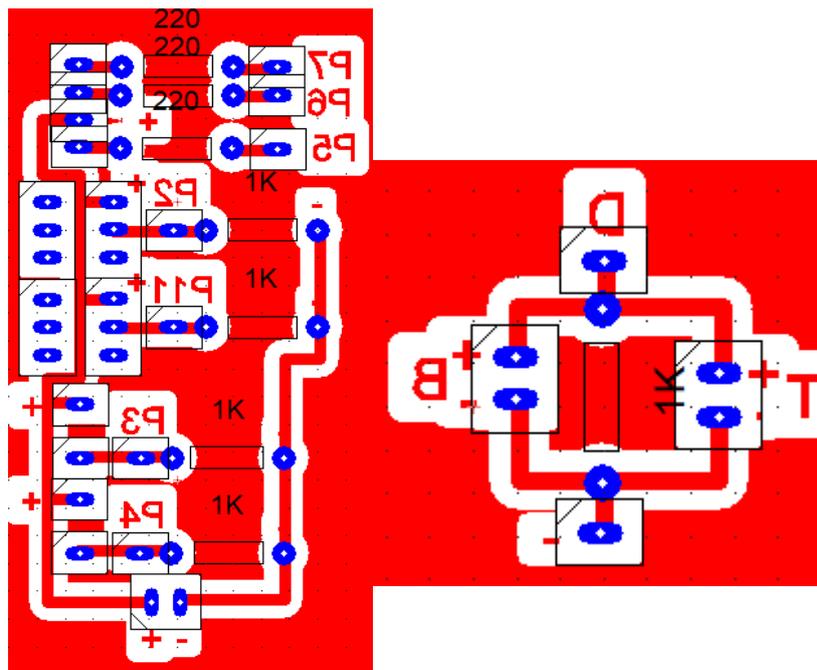
**Figura 27** PCB de distribución de voltajes



*Nota.* Diseño de PCB para la distribución de 5 voltios de alimentación para todos los componentes.

Adicionalmente para los pulsadores e interruptores se necesita un circuito que emplea una resistencia para cada elemento, para esto se realiza otro PCB para completar estas conexiones necesarias para el sistema, Figura 28.

**Figura 28** PCB de conexión de RGB, pulsadores e interruptores



*Nota.* Diseño de PCB para la conexión de un led RGB (indicador de carga) y la alimentación señal de los pulsadores e interruptores correspondientes.

### 2.2.11. Diseño de Carcasa

El diseño de la carcasa se segmenta en 3 partes fundamentales: la primera que se centra en generar una base donde se acoplaran todos los componentes, la segunda es la creación de las dos partes de la carcasa en base a los elementos anteriores y finalmente la tercera parte que es ajustar los puertos, conectores, pulsadores y demás detalles que haga que la carcasa coincida a su perfección.

Durante el proceso de diseño se procuró buscar y generar los componentes que se van a emplear para facilitar el correcto dimensionamiento. Este proceso reduce tiempo y pruebas en las que se desperdicia filamento, Figura 29.

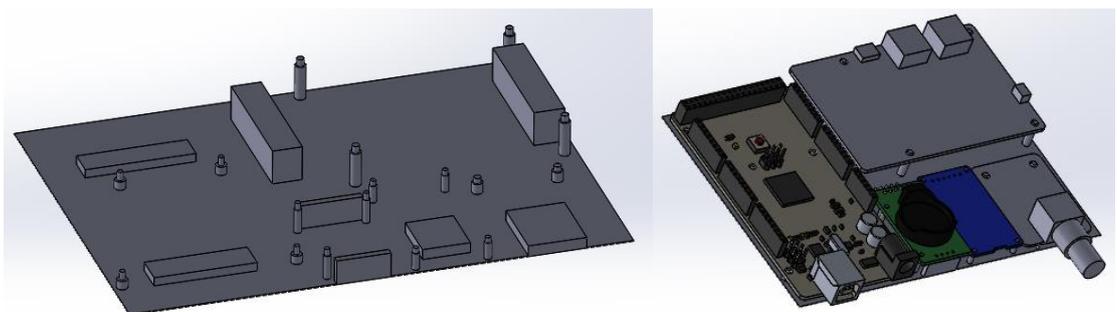
**Figura 29** CAD the componentes del sistema de medición



*Nota.* Se consiguieron los CAD de los componentes estándar y en caso de no existir un componente se hizo el levantamiento de medidas para generar el dibujo digital.

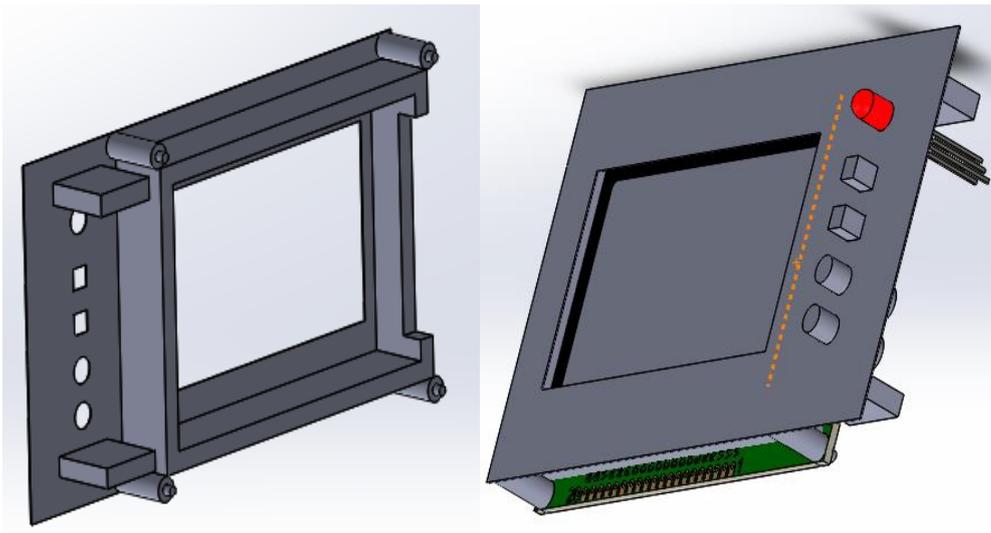
A partir de esto, se comienza a dimensionar y generar dos bases, la base inferior lleva la mayoría de los elementos, Figura 30. Por otro lado, la base superior lleva el acople de la LCD y los botones para el manejo de la interfaz, Figura 31.

**Figura 30** Diseño y acople de la base inferior.



*Nota.* Diseño de la base inferior donde se ubican: Arduino Mega, Modular RTC DS3231, Modular Micro-SD, RPI Power Pack y Sensor de PH.

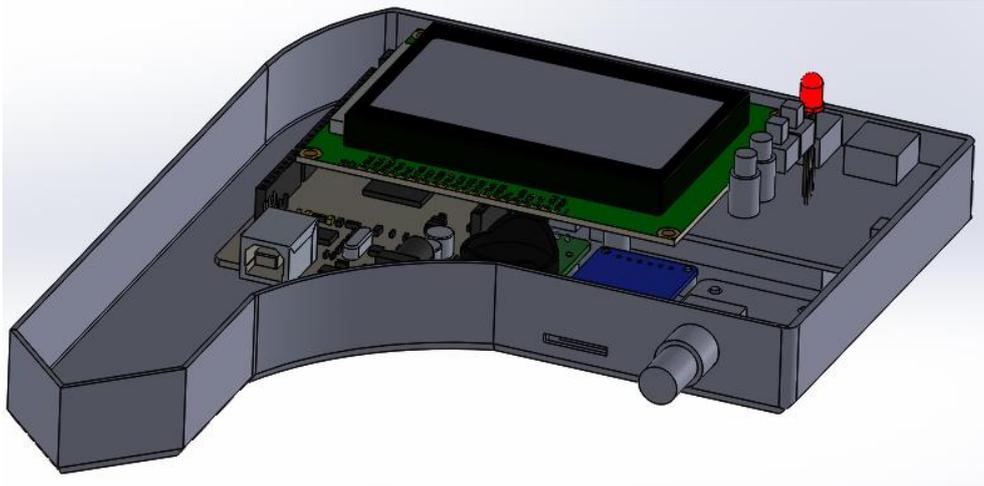
**Figura 31** *Diseño y acople de la base superior*



*Nota.* Diseño de la base superior donde se ubican: Pantalla LCD 128x64, RGB, Interruptores y Pulsadores.

Como proceso final se procede a realizar la carcasa superior e inferior donde los detalles añaden valor al diseño final. El diseño que se optó en realizar se asemeja a la forma de una pistola con una extensión alargada en la parte inferior que permitirá el agarre y una posición amigable para el manejo, además, cuenta con una finalización en punta la cual se ha pensado es de utilidad al momento de clavarla o soportarlo en el suelo. En la Figura 32 se observan los componentes instalados en la carcasa con la ubicación adecuada para los espacios que deben existir en el caso del sensor de pH, ranura de la microSD y puertos de carda de la batería.

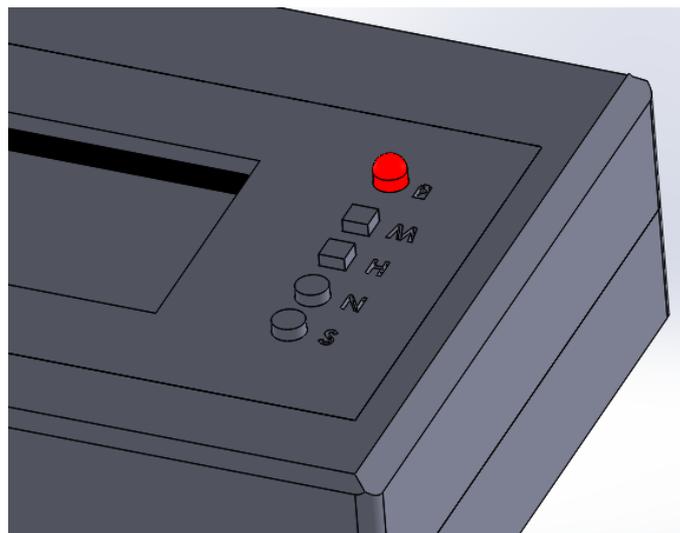
**Figura 32** *Carcasa del Medidor de pH con componentes instalados*



*Nota.* En la figura se indica el diseño final con todos los elementos instalados obviando la carcasa superior para su visualización.

En la Figura 33 con un acercamiento presenta la simbología de la botonera del dispositivo, su distribución y forma diferencial según su función.

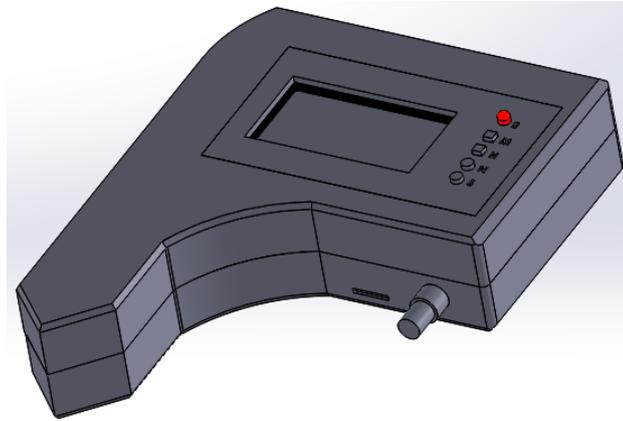
**Figura 33** Simbología para el manejo del dispositivo



*Nota.* En la figura se visualiza simbología adicional en la superficie la cual facilita el manejo de los pulsadores, interruptores e indicador luminoso.

Finalmente, en la Figura 34 se observa el diseño CAD completo y ensamblado del medidor de pH diseñado.

**Figura 34** *Carcasa del Medidor de pH*



*Nota.* En la figura se indica el diseño final antes del proceso de impresión.

## **CAPITULO III**

### **IMPLEMENTACIÓN**

El en tercer capítulo se procede a materializar el diseño concebido en el anterior capítulo donde se comienza por el software con la programación, la conexión de los elementos por separado y en conjunto para generar el producto final de este proyecto.

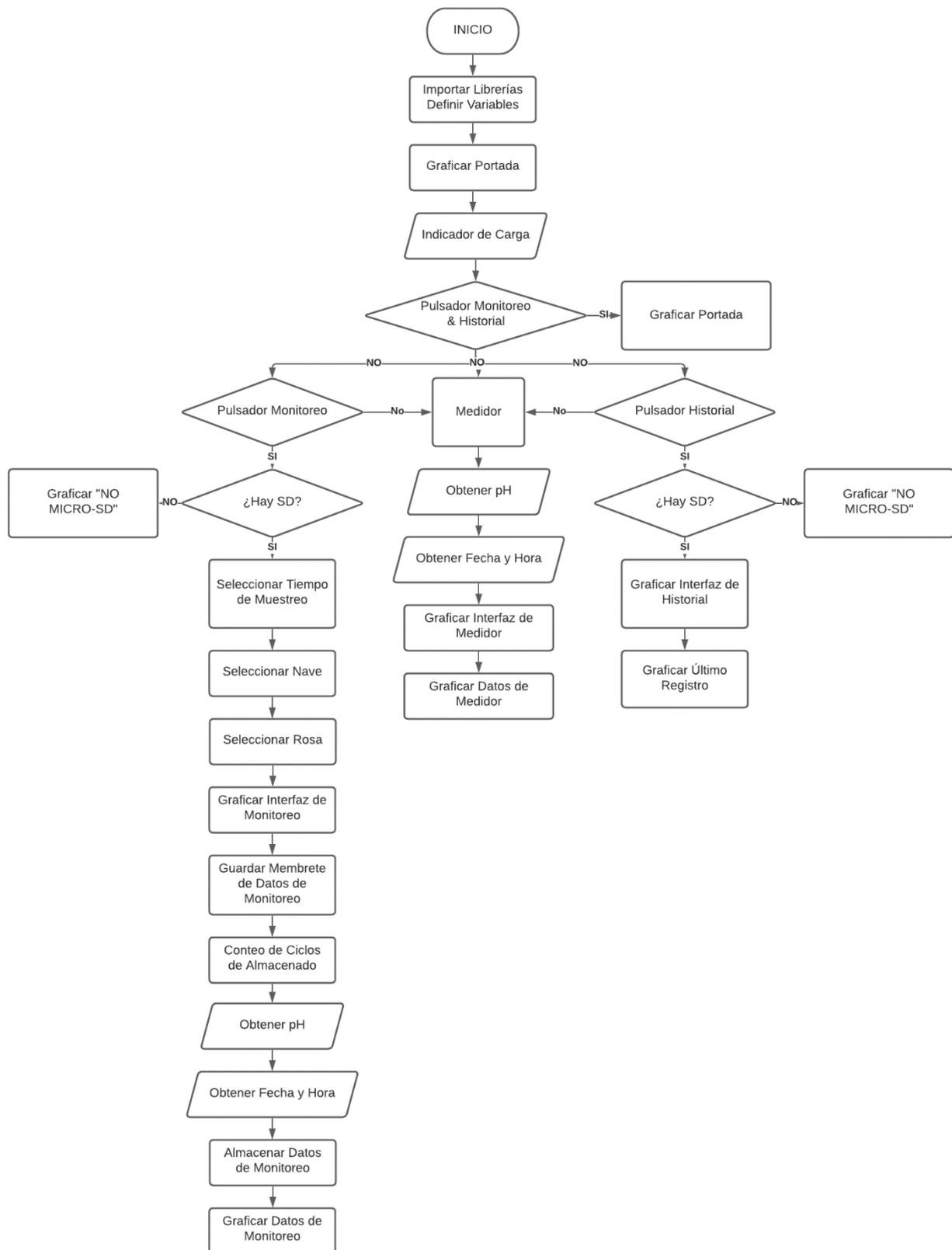
#### **3.1. Metodología de Cascada: Fase 3 Implementación**

Siguiendo dentro de la metodología de cascada procedemos a la tercera fase donde se puede observar una sinergia fuerte de los procesos de diseño, selección de componentes y para su funcionamiento correspondiente.

#### **3.2. Flujogramas**

Para la programación de las funciones del dispositivo medidor de pH se utiliza un diagrama de flujo que permite desglosar cada uno de los algoritmos que se ejecutan en el funcionamiento. En la Figura 35 se puede visualizar el funcionamiento general.

**Figura 35** Diagrama de Flujo General



*Nota.* Este diagrama de flujo general describe el funcionamiento del sistema con todas sus opciones.

Es relevante comentar que los códigos de programación con relación al funcionamiento de los modulares fueron extraídos de los datasheet, ejemplos del IDE de Arduino y páginas de programación en la red, a diferencia de la lógica diseñada y explicada en la Figura 35.

### **3.2.1. Modo Medidor**

El modo medidor se describe de la siguiente manera:

#### **Inicio**

**Paso 1:** Graficar la portada del medidor de pH

**Paso 2:** Obtener un valor de carga de la batería y encender un RGB

**Paso 3:** Verificar que los interruptores de Monitoreo e Historial no estén activos, si los dos se encuentran activos se grafica la portada del medidor

**Paso 4:** Obtener el valor analógico del sensor de pH

**Paso 5:** Promediar 10 valores analógicos del sensor de pH

**Paso 6:** Acondicionar el valor analógico a valor de pH

**Paso 7:** Obtener el valor de fecha y hora del modular RTC

**Paso 8:** Almacenar los valores de fecha y hora en archivos tipo cadena

**Paso 9:** Graficar interfaz del modo medidor en la LCD

**Paso 10:** Graficar datos hora, fecha y pH en la LCD

**Fin**

### **3.2.2. Modo Monitoreo**

El modo monitoreo se describe de la siguiente manera:

#### **Inicio**

**Paso 1:** Graficar la portada del medidor de pH

**Paso 2:** Obtener un valor de carga de la batería y encender un RGB

**Paso 3:** Verificar que el interruptor de historial este activo, caso contrario se ejecuta el modo medidor

**Paso 4:** Se verifica la presencia de una memoria microSD mediante un pin digital, en caso de no estar la memoria microSD se grafica “NO MICRO-SD”

**Paso 5:** Graficar la interfaz de selección de tiempo de muestreo del modo monitoreo en la LCD

**Paso 6:** Accionar el pulsador de navegación para cambiar las opciones de tiempo preestablecidas que se grafican en la LCD

**Paso 7:** Accionar el pulsador de selección para elegir la opción en pantalla y proseguir a la siguiente configuración visible en la LCD

**Paso 8:** Graficar la interfaz de selección de nave de muestreo del modo monitoreo en la LCD

**Paso 9:** Accionar el pulsador de navegación para cambiar las opciones de nave preestablecidas que se grafican en la LCD

**Paso 10:** Accionar el pulsador de selección para elegir la opción en pantalla y proseguir a la siguiente configuración visible en la LCD

**Paso 11:** Graficar la interfaz de selección de rosa de muestreo del modo monitoreo en la LCD

**Paso 12:** Accionar el pulsador de navegación para cambiar las opciones de rosa preestablecidas que se grafican en la LCD

**Paso 13:** Accionar el pulsador de selección para elegir la opción en pantalla y proseguir a la siguiente configuración visible en la LCD

**Paso 14:** Graficar la interfaz del modo de monitoreo en LCD

**Paso 15:** Guardar membrete de datos: tiempo de muestreo, nave, rosa, a renglón aparte: hora, fecha y pH

**Paso 16:** Se cuentan los ciclos y el contador de registros para almacenar en la memoria microSD

**Paso 17:** Obtener el valor analógico del sensor de pH

**Paso 18:** Promediar 10 valores analógicos del sensor de pH

**Paso 19:** Acondicionar el valor analógico a valor de pH

**Paso 20:** Obtener el valor de fecha y hora del modular RTC

**Paso 21:** Almacenar hora, fecha y pH en la memoria microSD

**Paso 22:** Graficar la hora, fecha, pH y contador de registros en la interfaz del modo de monitoreo en la LCD

**Fin**

### **3.2.3. Modo Historial**

El modo historial se describe de la siguiente manera:

**Inicio**

**Paso 1:** Graficar la portada del medidor de pH

**Paso 2:** Obtener un valor de carga de la batería y encender un RGB

**Paso 3:** Verificar que el interruptor de historial este activo, caso contrario se ejecuta el modo medidor

**Paso 4:** Se verifica la presencia de una memoria microSD mediante un pin digital, en caso de no estar la memoria microSD se grafica “NO MICRO-SD”

**Paso 5:** Graficar la interfaz del modo historial en la LCD

**Paso 6:** Graficar el membrete, fecha, hora y pH del último registro en la LCD

**Fin**

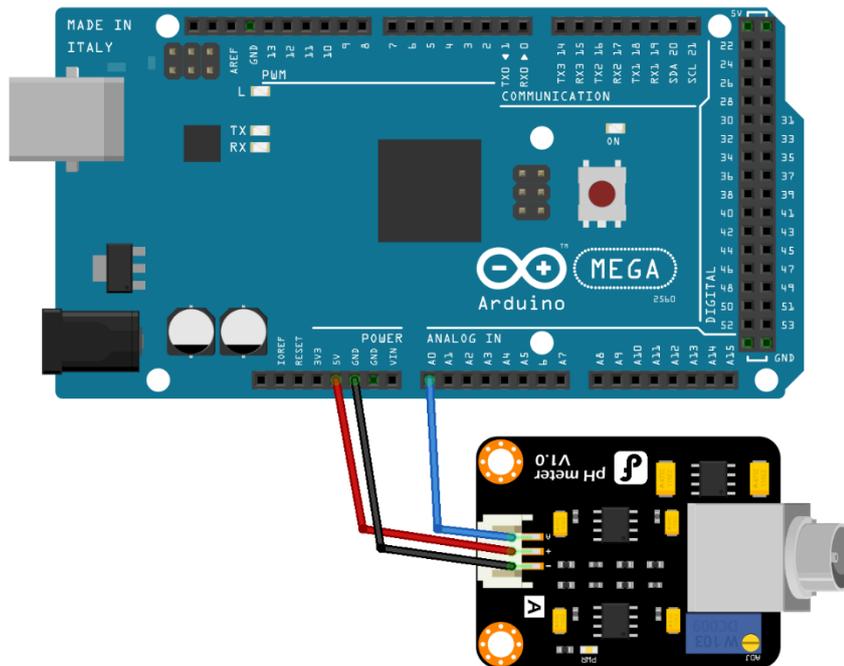
### **3.3. Conexión de Componentes**

Para las conexiones de los componentes que integran el sistema del medidor de pH se los separa en partes para su mayor entendimiento.

#### **3.3.1. Medidor de pH**

El medidor de pH necesita una alimentación de 5V, GND y una conexión a una entrada analógica para el ingreso de datos del sensor al microcontrolador que se puede observar en la Figura 36.

**Figura 36** Esquema de conexión del sensor pH

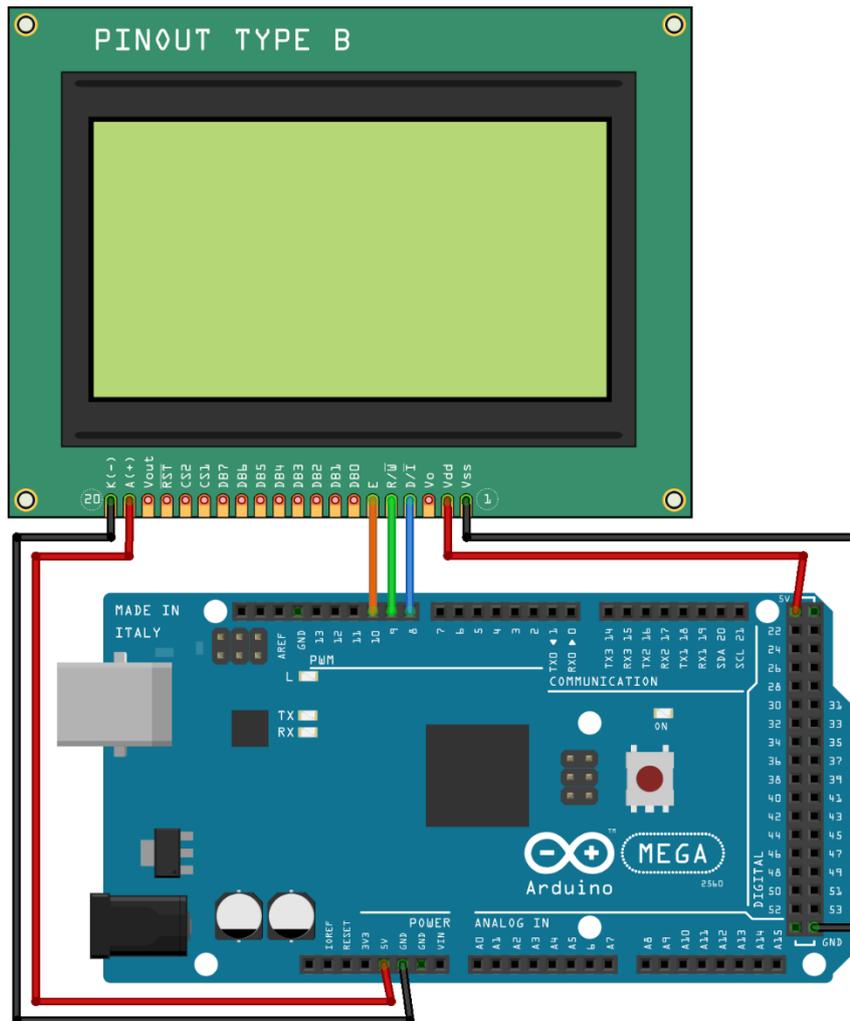


*Nota.* Esta figura muestra las conexiones realizadas para el funcionamiento del sensor de pH.

### 3.3.2. Pantalla LCD 128x64

La pantalla LCD 128x64 necesita dos conexiones de alimentación de 5V, tres conexiones a GND y tres conexiones de datos: E, R/W y SR los cuales se pueden conectar a pines digitales PWM se puede observar en la Figura 37.

**Figura 37** Esquema de conexión de pantalla LCD 128x64

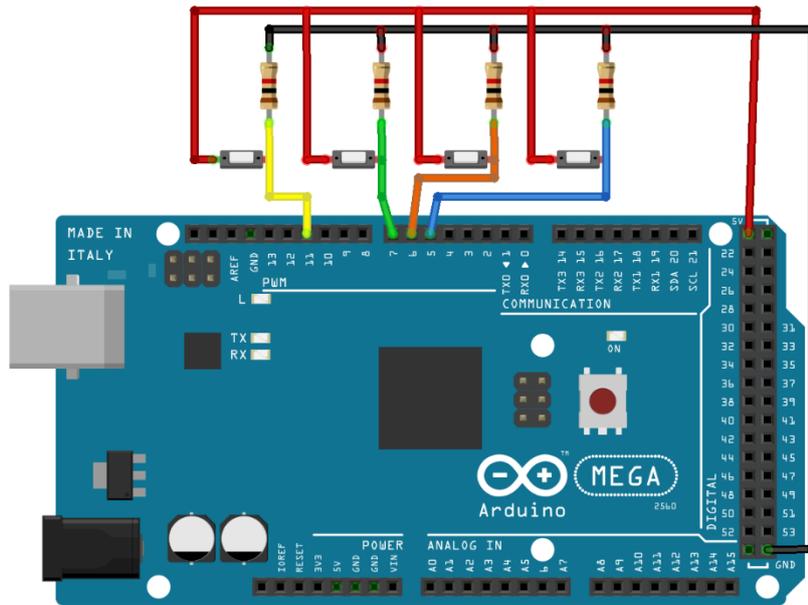


*Nota.* Esta figura muestra las conexiones realizadas para el funcionamiento de la pantalla LCD 128x64.

### 3.3.3. Pulsadores e Interruptores

Cada pulsador e interruptor necesita una alimentación de 5V a un pin del pulsador seguido de una resistencia al GND, y una conexión desde la entrada de una resistencia hacia una entrada digital del microcontrolador que se puede observar en la Figura 38.

**Figura 38** Esquema de conexión de pulsadores e interruptores

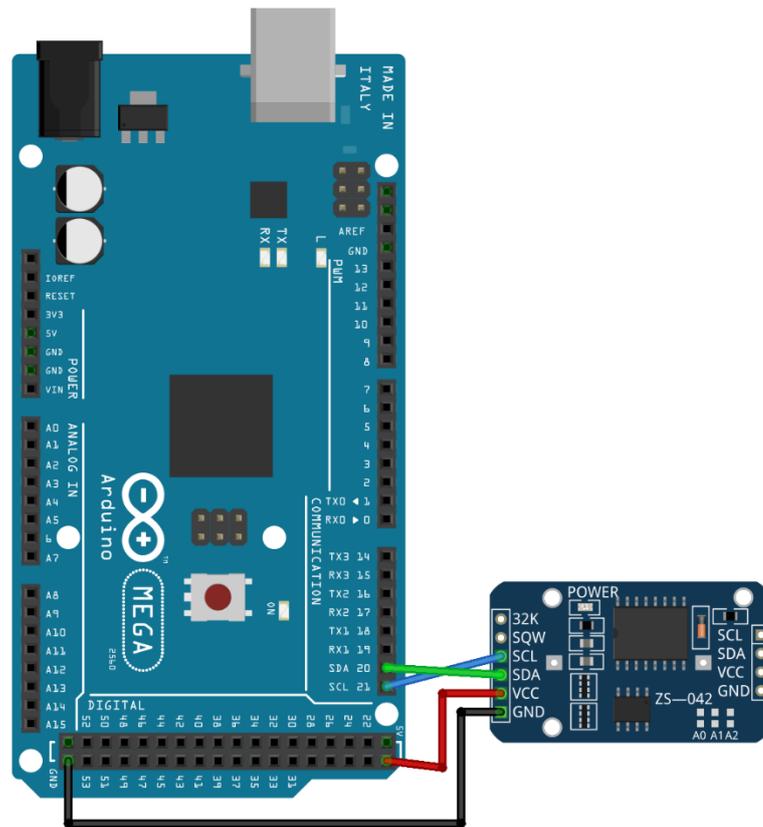


*Nota.* Esta figura muestra las conexiones realizadas para el funcionamiento de los pulsadores e interruptores.

### 3.3.4. RTC DS3231

El módulo RTC DS3231 necesita una alimentación de 5V, GND y dos conexiones de datos de la comunicación I2C que se conectar a los pines SDA y SCL del microcontrolador que se puede observar en la Figura 39.

**Figura 39** Esquema de conexión del RTC DS3231

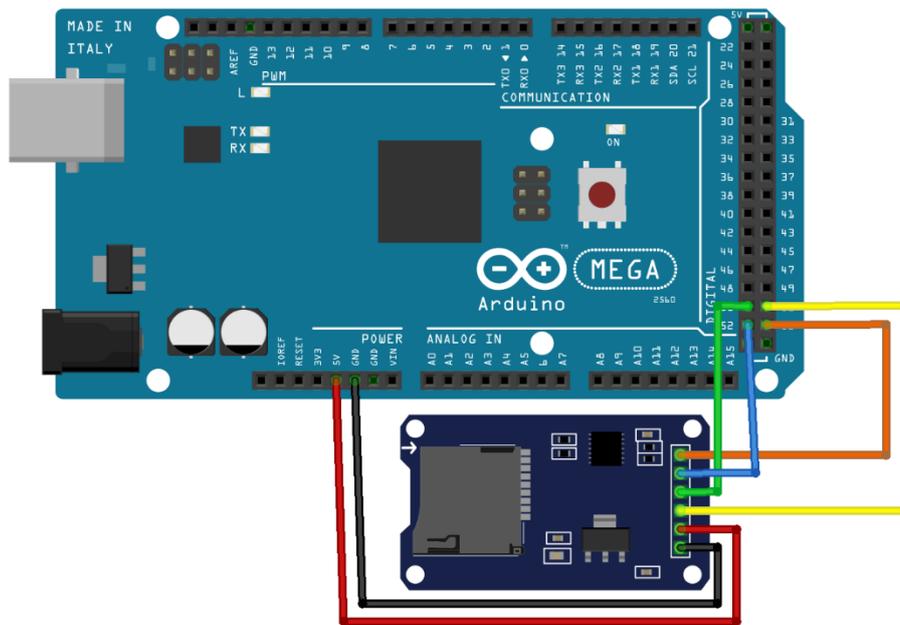


*Nota.* Esta figura muestra las conexiones realizadas para el funcionamiento del RTC DS3231.

### 3.3.5. *Micro SD*

El Micro SD necesita una alimentación de 5V, GND y cuatro cables de datos: MISO, MOSI, SCK y CS a las entradas específicas del microcontrolador en los pines 50, 51, 52, 53 que se puede observar en la Figura 40.

**Figura 40** Esquema de conexión del Micro SD



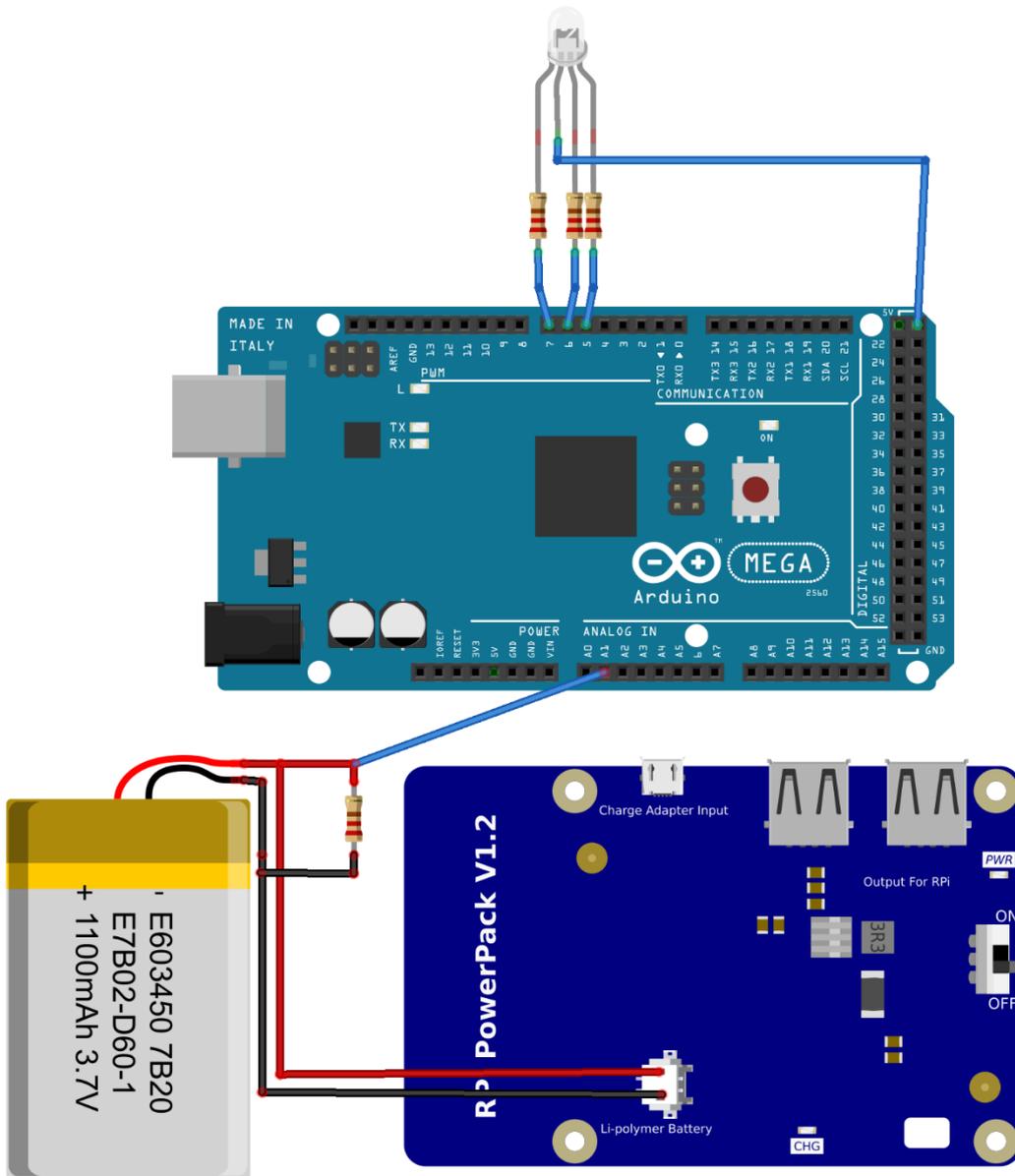
*Nota.* Esta figura muestra las conexiones realizadas para el funcionamiento del Micro SD.

### 3.3.6. Sistema de Batería con Indicador de Carga

Para el indicador de carga, el RGB de cátodo común se conecta a las salidas digitales junto a resistencias y el cátodo común al GND del microcontrolador que se puede observar en la Figura 41.

Adicionalmente, para el modular de la batería se conecta una resistencia de carga ente los polos de la batería y estos mismos se conectar a la tarjeta RPI Power Pack.

**Figura 41** Esquema de conexión del RGB y modular de batería



*Nota.* Esta figura muestra las conexiones realizadas para el funcionamiento del indicador RGB y modular de batería.

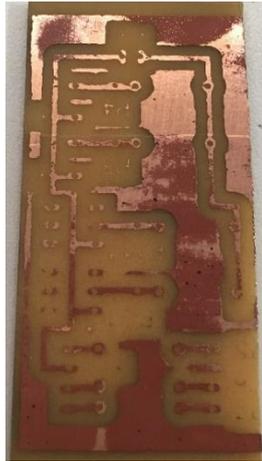
### 3.4. Montaje

Una vez finalizado el proceso de diseño del software y hardware del dispositivo empieza la etapa final para la obtención del producto final donde se juntan todas las partes anteriores. En este caso se han segmentado en varias partes para lograr detallarlo de mejor manera.

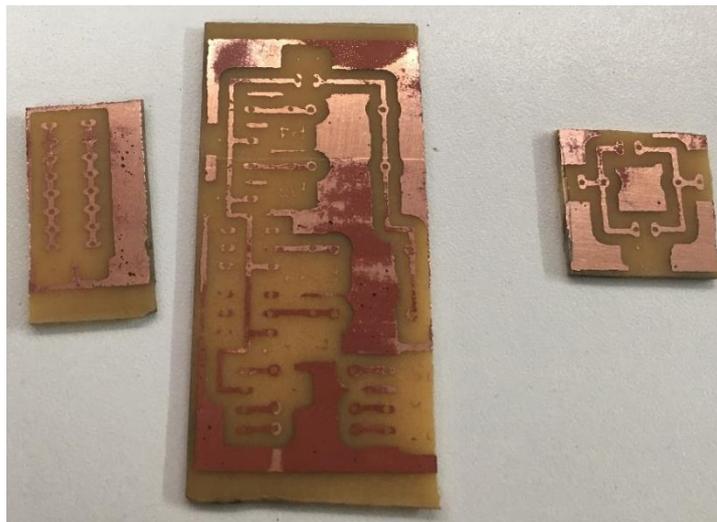
### 3.4.1. Baquelitas

Con el diseño de las baquelitas listo, se pasa a la superficie de la baquelita como se ve en la Figura 42, donde, en este caso se utilizó el proceso tradicional. Con la ayuda de ácido férrico se limpian las pistas necesarias en el circuito impreso como se ve en la Figura 43.

**Figura 42** Baquelita con serigrafiado del circuito



**Figura 43** Baquelitas listas



*Nota.* Después de pasar por ácido férrico el cobre no cubierto de tinta se desprende dejando solo las conexiones que se necesitan.

Con las baquelitas listas se procede al montaje de todos los componentes electrónicos como son los pulsadores, interruptores, RGB, resistencias y las regletas de distribución de voltaje, Figura 44.

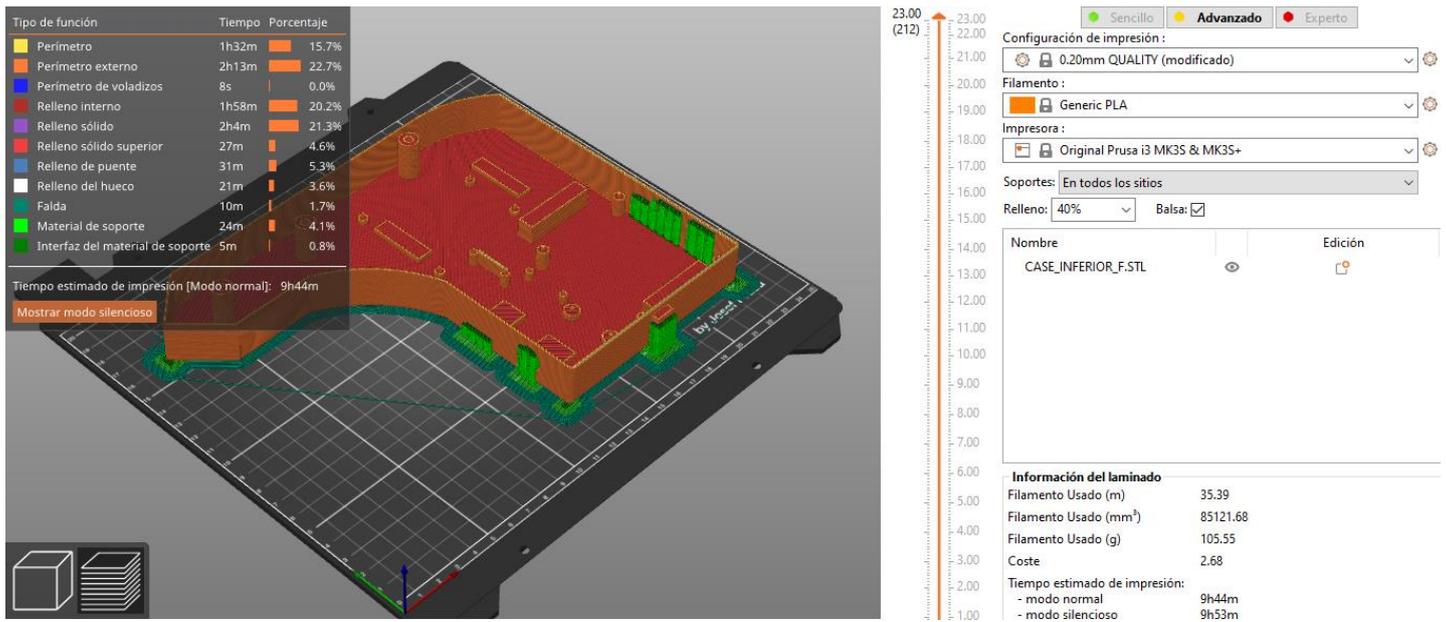
**Figura 44** *Baquelitas montadas*



### 3.4.2. Componentes

Los diseños finales de las carcasas pasan al software para convertir el diseño a código G el cual pueda interpretar la impresora 3D la cual es una máquina de adición de material por capas, Figura 45.

**Figura 45** Interfaz del programa para impresión 3D



*Nota.* En el caso de la impresora que se utilizó, maneja un software propio de la maquinaria el cual transforma los archivo STL a código G, en la interfaz se ajustan las especificaciones de impresión como: el espesor de capa, el relleno, el material, balsa, soportes y demás especificaciones.

Dentro del programa se presenta un aproximado de la cantidad de material que se empleara, en gramos, y el tiempo que se demorara la impresión que en el caso de esta impresora es exacto.

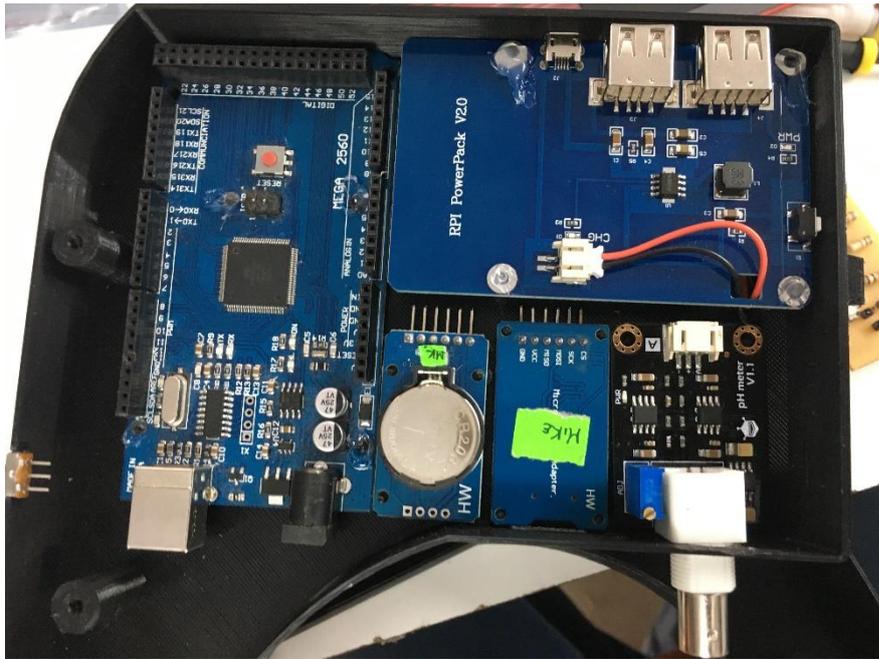
**Figura 46** *Impresión de carcasas*



*Nota.* La impresión de todos los componentes duro un aproximado de 24h continuas segmentado en tres sesiones.

A cada una de las impresiones se le realiza pequeños procesos superficiales como lijado, limpieza, pulido para eliminar rebabas de los soportes o ajustar las piezas. Cada una de las piezas calzan de acuerdo con lo estimado en el diseño virtual como se ve en la Figura 47 y Figura 48.

**Figura 47** Montaje de componentes en la carcasa inferior



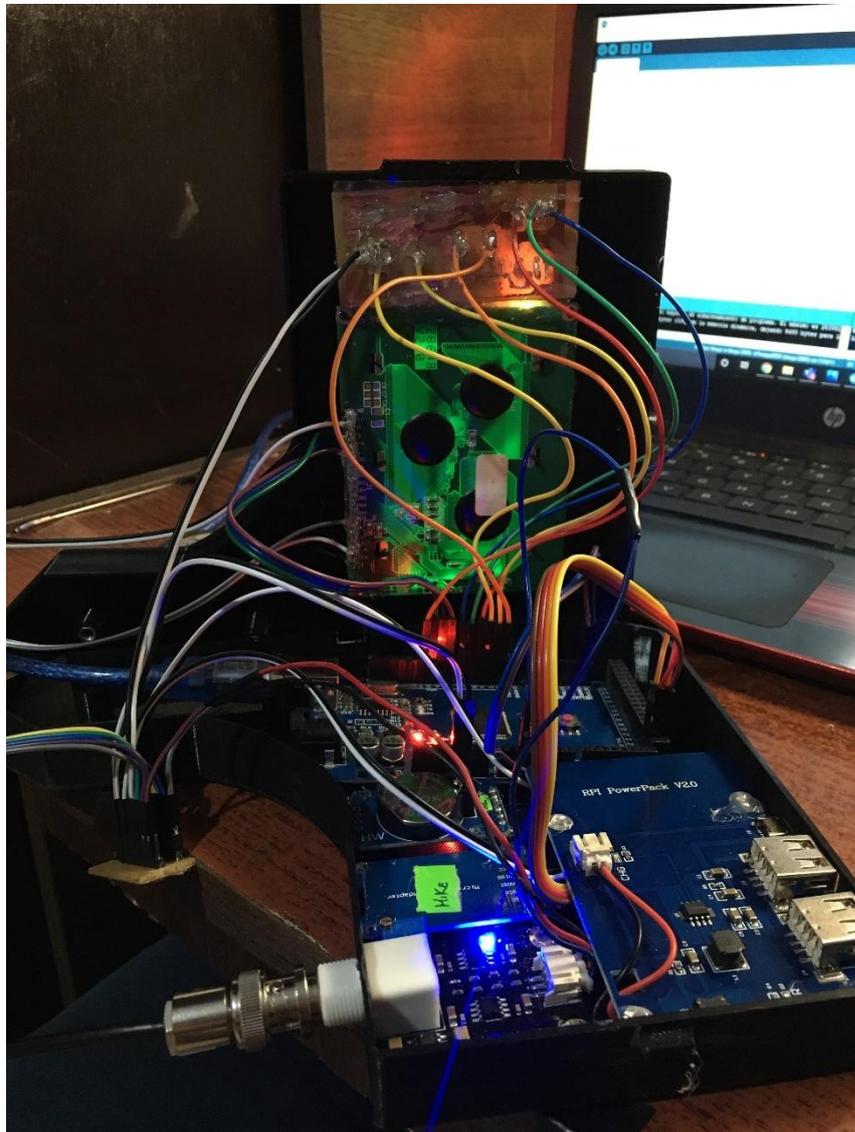
**Figura 48** Montaje de componentes en la carcasa superior



### 3.4.3. Conexiones

Montados y ajustados todos los componentes electrónicos y de manejo de la botonera, se procede a realizar el cableado interno, el cual en su mayoría corresponde a la alimentación de 5 voltios de cada componente, Figura 49.

**Figura 49** *Cableado general*



#### **3.4.4. Atornillado**

Para el ensamblado final se utilizan estructuras tubulares internas donde pernos de 1/8 de pulgada de diámetro y 1 1/2 de pulgada de largo mantienen unidas las dos partes del

medidor, Figura 50. Cabe mencionar un sobresaliente tipo gancho ayuda a mantener juntas las dos carcasas desde un extremo, Figura 51.

**Figura 50** Pernos de ajuste



**Figura 51** Ajuste tipo gancho



### 3.5. Calibración

Durante la generación del código de funcionamiento el sensor de pH debe ser sometido a una calibración inicial dentro del código en la IDE de arduino, Figura 52.

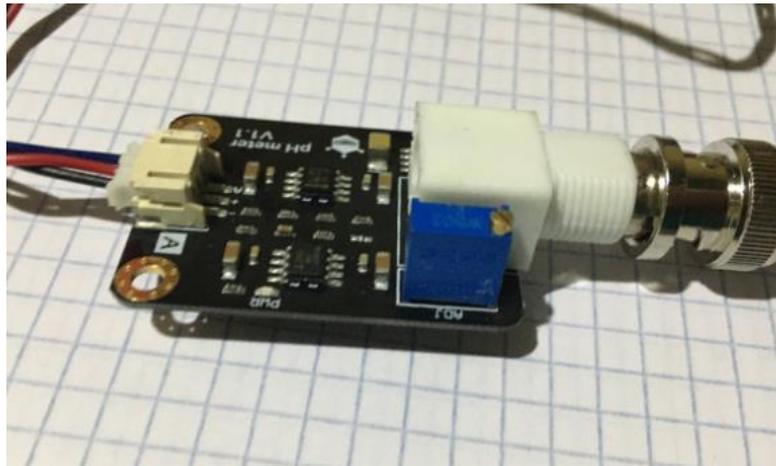
**Figura 52** Código del sensor de PH

```
12 void loop()
13 {
14   for(int i=0;i<10;i++)
15   {
16     buf[i]=analogRead(SensorPin);
17     delay(30);
18   }
19   for(int i=0;i<9;i++)
20   {
21     for(int j=i+1;j<10;j++)
22     {
23       if(buf[i]>buf[j])
24       {
25         temp=buf[i];
26         buf[i]=buf[j];
27         buf[j]=temp;
28       }
29     }
30   }
31   avgValue=0;
32   for(int i=2;i<8; i++)
33     avgValue += buf[i];
34   float pHValue=(float)avgValue*5.0/1024/6;
35   pHValue=3.5*pHValue;
```

*Nota.* En la figura se observa el segmento del código del sistema en el IDE de Arduino donde se muestra la calibración del sensor de pH de electrodo industrial.

Una segunda calibración se puede realizar de manera mecánica mediante un potenciómetro en la tarjeta que recibe la señal del sensor, Figura 53.

**Figura 53** Potenciómetro para la calibración del sensor de pH



*Nota.* En la figura se puede observar la presencia de un potenciómetro con el cual se modifica una ganancia en el circuito electrónico del sensor.

A partir de las calibraciones que se pueden realizar se comienza con las pruebas iniciales para verificar las mediciones de algunas sustancias determinadas con los valores de escalas definidas, Figura 54.

**Figura 54** Escala del pH

Efectos en el medio ambiente	Valores del PH	Ejemplos	
Ácido	pH = 0	Ácido de baterías	
	pH = 1	Ácido sulfúrico	
	pH = 2	Jugo de limón, vinagre	
Mueren todos los peces (4.2)	pH = 3	Juego de naranja, bebida gaseosa	
	pH = 4	Lluvia ácida (4.2-4.4)	
	pH = 5	Lago ácido (4.5)	
	Mueren los huevos de rana, renacuajos, cangrejos de río y efímeras (5.5)	pH = 5	Bananas (5.0-5.3)
		pH = 5	Lluvia limpia (5.6)
Comienzan a morir las truchas arco iris	pH = 6	Lago saludable (6.5)	
	pH = 6	Leche (6.5-6.8)	
Neutro	pH = 7	Agua pura	
	pH = 8	Agua de mar, huevos	
	pH = 9	Bicarbonato de soda	
	pH = 10	Leche de magnesio	
	pH = 11	Amoniaco	
	pH = 12	Agua jabonosa	
	pH = 13	Blanqueador	
	pH = 14	Limpiador líquido para desagües	
	Básico		

*Nota.* En esta tabla se visualiza la escala de pH con algunas sustancias ejemplo de cada pH, Adaptado de La escala del pH, de [https://www3.epa.gov/acidrain/education/site\\_students\\_spanish/phscale.html](https://www3.epa.gov/acidrain/education/site_students_spanish/phscale.html).

Se presenta algunas mediciones realizadas, dos en las cuales se empleó sustancias de pH estándar y dos con pH obtenido en documentación.

### 3.5.1. *pH Ácido*

Para el caso de un pH ácido se utiliza una sustancia comercial con un valor de 4.00 en la escala, Figura 55.

**Figura 55** *Sustancia de pH 4.00*



*Nota.* La sustancia en el frasco es un líquido comercial de pH 4.00 estandarizado.

### 3.5.2. *pH Neutro*

Para el caso de un pH neutro se utiliza una sustancia comercial con un valor de 7.00 en la escala, Figura 56.

**Figura 56** Sustancia de pH 7.00



*Nota.* La sustancia en el frasco es un líquido comercial de pH 7.00 estandarizado.

Dentro de la escala de pH neutra se encuentra el agua potable. La cual tiene un pH aproximado dentro de un rango de 6.5 a 8.5 según (Pérez, 2019), Figura 57.

**Figura 57** Medición del pH del agua potable



*Nota.* En la figura se presentan las lecturas del sensor en agua potable.

### 3.5.3. pH Básico

Para el caso de un pH básico se utiliza una solución de NaOH al 0.5 M comercial el cual tiene un pH de 13.5 aproximadamente según (Brainly, 2018) , Figura 58.

**Figura 58** NaOH disuelto a 0.5 M



*Nota.* La sustancia en el frasco es una solución de NaOH al 0.5 M.

### **3.6. Funcionamiento**

Para el funcionamiento del sistema de secciono en partes para indicar de mejor manera sus funcionalidades.

#### **3.6.1. Selector de Modos**

El dispositivo medidor de pH posee con una botonera la cual desde la parte superior cuenta con un led indicador de carga, dos interruptores cuadrados: el primero permite acceder o salir del modo de monitoreo, el segundo permite acceder o salir de modo historial. A continuación, siguen dos botones de pulsadores redondos los cuales, el primero permite navegar entre las opciones que tiene el sistema y el segundo seleccionar la opción deseada, Figura 59.

**Figura 59** Botonera del medidor



*Nota.* Botonera de selección de modos.

### 3.6.2. Modo Medidor

El modo monitoreo cuenta con una interfaz gráfica con la siguiente distribución: en la parte superior central la medida del sensor de pH y en la parte inferior central se muestra la hora y fecha como en la Figura 60.

**Figura 60** Interfaz del Modo Medidor



### 3.6.3. *Selecciones del Usuario*

En el caso de seleccionar el modo de medidor el sistema presenta al usuario tres ventanas de selección con la siguiente configuración: en la parte superior izquierda el tipo de selección, en la parte superior derecha un símbolo propio que representa la selección y en la parte inferior las opciones disponibles. Para cada ventana de selección se presenta la configuración descrita que se visualiza en las Figura 61, Figura 62 y Figura 63.

**Figura 61** *Interfaz de selección de periodos de tiempo*



**Figura 62** *Interfaz de selección de nave*



**Figura 63** *Interfaz de selección de variedad de rosa*



#### **3.6.4. Modo Monitoreo**

La interfaz para este modo es bastante similar a las interfaces de selección donde en la parte superior izquierda se encuentra el título de monitoreo, en la parte superior derecha la cantidad de muestras almacenadas en una sesión de 45 minutos. Finalmente, en la parte inferior se presenta la información de: hora, fecha y pH, Figura 64.

**Figura 64** *Interfaz de monitoreo*



En el monitoreo, existe una configuración dentro del sistema, el cual no permite acceder a las opciones de monitoreo si no se encuentra una memoria microSD instalada, para esto se grafica un mensaje de “No Micro-SD”, Figura 65.

**Figura 65** Mensaje No MICRO-SD



### **3.6.5. Modo Historial**

El modo historial presenta una estructura mucha más simple y minimalista donde en la parte superior central se visualiza el título de Historial. A continuación, a líneas seguidas se visualiza: en la primera línea en modo de símbolos se encuentra el periodo de monitoreo, el número de nave y la variedad de rosa. En la segunda línea: se presenta la hora y la fecha. Finalmente, en la última línea la última lectura de pH registrada, Figura 66.

**Figura 66** *Interfaz de historial*



### **3.6.6. Accionamiento Doble**

Como un sistema de seguridad ante la posible activación simultánea de los dos modos adicionales del medidor. En caso de cumplirse esta condición, se visualizará en la pantalla en portada del sensor, Figura 67.

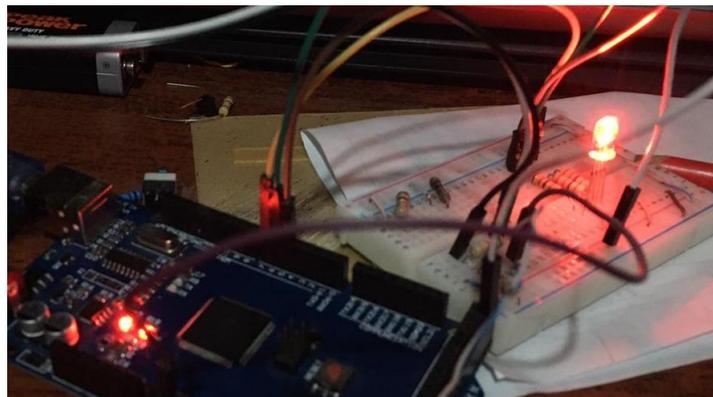
**Figura 67** *Interfaz de portada*



### 3.6.7. *Indicador de Carga*

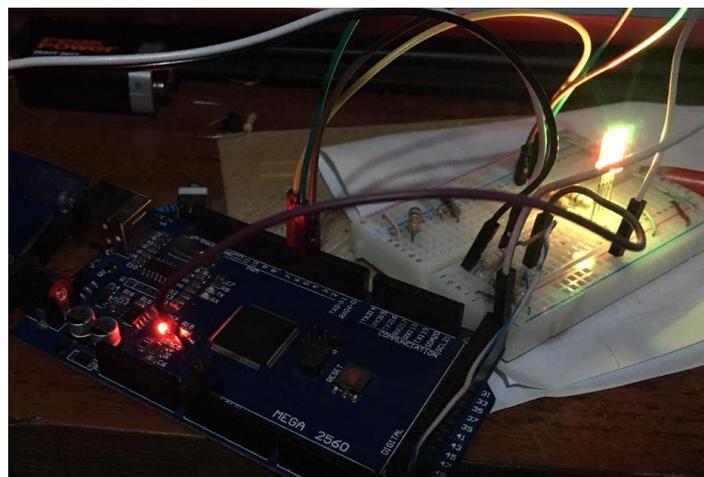
Este sistema tiene como indicador esencial un RGB el cual cambia de tonalidades dependiendo del porcentaje de carga de la batería que alimenta el sistema. Esta parte del funcionamiento fue realizada antes del montaje final debido que se tenía mayor facilidad para gastar la carga de la batería para poder indicar sus estados como se indican en la Figura 68, Figura 69 y Figura 70.

**Figura 68** *Tonalidad roja con parpadeo*



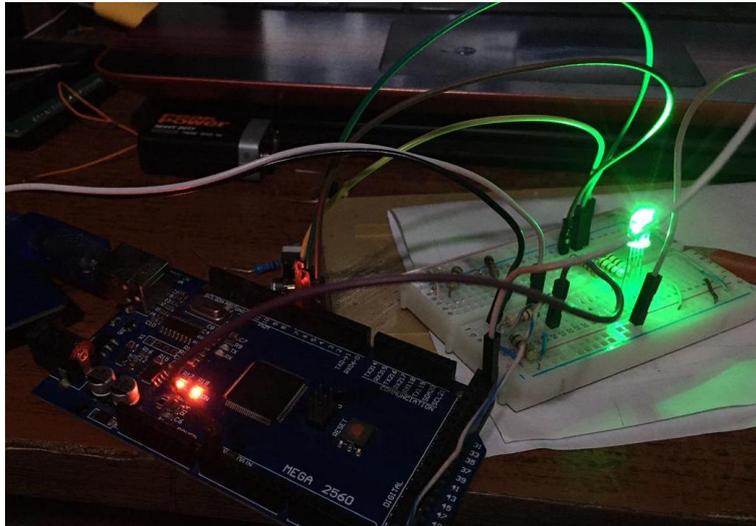
*Nota.* Cuando la batería tiene una carga inferior al 25% el RGB se torna de color rojo y parpadea.

**Figura 69** *Tonalidad amarilla*



*Nota.* Cuando la batería tiene una carga inferior al 75% el RGB se torna de amarillo.

**Figura 70** Tonalidad verde



*Nota.* Cuando la batería tiene una carga mayor al 75% el RGB se torna de verde.

### **3.6.8. Datos almacenados**

En la función de monitoreo se almacenan los datos en la microSD, dependiendo del tiempo de almacenamiento se visualizarán diferente cantidad de datos. La hoja de Excel que se genera tiene el nombre en según el código “(Periodo de Tiempo) (Número de Nave) (Variedad de Rosa).csv”, Ejemplo: 2MN3EX.CSV, donde en la parte superior se presenta en manera de códigos el periodo de muestreo, el número de nave y la variedad de rosa. A continuación, un membrete de hora, fecha y pH. Y en los siguientes renglones se presentan las mediciones almacenadas, Figura 71.

**Figura 71** Hojas de Excel de datos almacenados

Nombre	Fecha de modificacion	tipo	tamaño
2MN2EX.CSV	1/1/2000 1:00	Archivo de valores...	1 KB
2MN3IM.CSV	1/1/2000 1:00	Archivo de valores...	1 KB
5MN1FR.CSV	1/1/2000 1:00	Archivo de valores...	1 KB
5MN1RR.CSV	1/1/2000 1:00	Archivo de valores...	1 KB
5MN3IM.CSV	1/1/2000 1:00	Archivo de valores...	1 KB
10MN1MO.CSV	1/1/2000 1:00	Archivo de valores...	1 KB
10MN1RA.CSV	1/1/2000 1:00	Archivo de valores...	1 KB
10MN3RA.CSV	1/1/2000 1:00	Archivo de valores...	1 KB
10MN3RT.CSV	1/1/2000 1:00	Archivo de valores...	1 KB

### 3.7. Costos

Uno de los objetivos dentro del desarrollo del proyecto es cumplir con un presupuesto bajo. De esta manera se realiza una tabla de costos del dispositivo completo que se observa en la Tabla 14.

**Tabla 14** Tabla de costos de componentes para el medidor de pH

MEDIDOR DE PH	
Elementos	Costo
Arduino MEGA	25.00 USD
Sensor de pH	80.00 USD
Modular MicroSD	0.80 USD
Modular RTC DS3231	1.90 USD
LDC 128x64	7.85 USD
RGB	0.25 USD
Modular de Carga y Descarga	25.00 USD
Pulsadores/Interruptores	2.00 USD
PLA	20.00 USD
Baquelita	2.00 USD
Serigrafiado	4.00 USD
Mica	3.00 USD
Otros	3.00 USD
<b>TOTAL</b>	<b>174.80 USD</b>

*Nota.* Esta tabla muestra el costo de cada uno de los componentes y materiales empleados durante la construcción del dispositivo.

El valor del dispositivo desarrollado en este proyecto se encuentra a la par a pH metros digitales de manera comercial, sin embargo, no poseen las mismas funcionalidades que el desarrollado en este trabajo de grado.

### **3.8. Metodología de Cascada: Fase 4 Verificación**

Para la verificación del dispositivo sensor de pH se realizaron diferentes procesos comparativos con respecto a las mediciones empezando con varias sustancias comunes y estandarizadas, información que se puede encontrar libremente en diferentes medios, además de pruebas de campo donde se obtuvieron diferentes resultados.

#### **3.8.1. Medición de Sustancias**

El medidor de pH del suelo se puede calibrar y realizar pruebas con la medida de sustancias comerciales o comunes. Para esto se ha generado una tabla con las medidas obtenidas del medidor de pH, en contraste a valores investigados.

**Tabla 15** *Tabla comparativa de mediciones de sustancias*

<b>MEDICIÓN DE PH DE SUSTANCIAS</b>		
<b>SUSTANCIA</b>	<b>VALOR PH</b>	<b>VALOR PH MEDIDOR</b>
Sustancia ácida comercial	4.00	4.02
Sustancia propia del sensor	4.50	4.55
Solución de Suelo Fértil	5.50	5.85
Agua Potable	6.50 -7.00	6.60
Sustancia neutral comercial	7.00	7.00
NaOH 0.5 M	13.69	13.58

*Nota.* En la tabla mostrada se visualiza los valores de pH obtenidos de (REVIEWS, 2018), en comparación a los valores obtenidos del sensor.

El análisis de errores es un apartado dentro de la temática de tecnología de sensores la cual permite verificar el estado de un sensor bajo ciertos parámetros como: alcance, rango y error.

Para el sensor de pH incorporado en este proyecto de tiene:

### **Alcance**

Es la diferencia entre el valor máximo medido por el sensor y el valor mínimo medido por el sensor el cual se describe mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Alcance del sensor de pH} = \text{Valor máximo de pH} - \text{Valor mínimo de pH}$$

Para el caso del pH en todas las sustancias que se ha podido realizar las pruebas y en base a la investigación realizada el valor mínimo no será menor a 0 y el valor máximo no será mayor a 14. Por lo tanto:

$$\text{Alcance del sensor de pH} = 14 \text{ pH} - 0 \text{ pH}$$

$$\text{Alcance del sensor de pH} = 14 \text{ pH probados}$$

### **Rango**

En el caso de este sensor y magnitud medida el alcance es igual al rango, obteniendo como valor mínimo 0 pH y valor máximo como 14 pH.

### **Error Porcentual**

En este caso utilizando el valor porcentual se calculará el porcentaje de error del sensor implementado en el dispositivo diseñado con los datos de la Tabla 15. Donde mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Error Porcentual de pH} = (\text{Valor pH} - \text{Valor pH Medido}) / \text{Valor pH} * 100\%$$

Se obtiene una tabla de errores porcentuales, Tabla 16.

**Tabla 16** *Tabla de errores porcentuales por medición*

ERROR PORCENTUAL DE MEDICIONES DE PH			
SUSTANCIA	VALOR PH	VALOR PH MEDIDO	ERROR PORCENTUAL
Sustancia ácida comercial	4,00	4,02	0,50%
Sustancia propia del sensor	4,50	4,55	1,11%
Solución de Suelo Fértil	5,50	5,58	1,45%
Sustancia neutral comercial	7,00	7,00	0,00%
NaOH 0.5 M	13,69	13,58	0,80%

*Nota.* En la tabla mostrada se visualiza los valores del error porcentual aplicando la fórmula anteriormente mencionada.

De esta manera se puede realizar un promedio mediante:

$$\text{Promedio} = \text{Sumatoria de errores porcentuales} / \text{Cantidad de Datos}$$

$$\text{Promedio de Error Porcentual de pH} = 0,77\%$$

De esta manera se puede interpretar que el sensor es óptimo para ofrecer mediciones confiables al usuario. Donde, además se comprobar los beneficios de emplear un sensor robusto como es el H-101 con electrodo industrial en el medidor de pH reiterando la confiabilidad en la toma de datos con este dispositivo como se observa en la Figura 72.

**Figura 72** Toma de mediciones de pH



### **3.8.2. Almacenamiento de Datos**

La función de monitoreo genera registros que se almacenan en una microSD en cada sesión programada. Estos datos se pueden utilizar externamente, debido a que los datos se guardan en una hoja de cálculo con la siguiente distribución: en la primera fila se genera un membrete en códigos donde el periodo de tiempo, el número de nave y la variedad de rosa es la información que se muestra, posterior a eso se muestra otra fila con un membrete de hora, fecha y pH. A continuación, dependiendo de la configuración se encuentran las mediciones registradas como se visualiza en la Figura 73.

**Figura 73** Hoja de cálculo con los datos almacenados

	A	B	C	D	E
1	2 Mins	Nave 3	EXPLORER		
2	HORA	FECHA	PH		
3	15:07	20/8/2021	5.88		
4	15:09	20/8/2021	5.85		
5	15:10	20/8/2021	5.85		
6	15:12	20/8/2021	5.89		
7	15:14	20/8/2021	5.89		
8	15:15	20/8/2021	5.90		
9	15:17	20/8/2021	5.90		
10	15:18	20/8/2021	5.91		
11	15:20	20/8/2021	5.90		
12	15:22	20/8/2021	6.12		
13	15:24	20/8/2021	5.90		
14	15:26	20/8/2021	5.90		
15	15:27	20/8/2021	5.90		
16	15:29	20/8/2021	5.89		
17	15:30	20/8/2021	5.89		
18	15:32	20/8/2021	5.88		
19	15:34	20/8/2021	5.88		
20	15:35	20/8/2021	5.88		
21	15:37	20/8/2021	5.90		
22	15:38	20/8/2021	5.90		

La función de monitoreo genera un archivo independiente para cada proceso de monitoreo que se seleccione como se muestra en la Figura 71. En caso de cerrarse inesperadamente o apagarse el sistema el archivo se almacenará hasta el último dato registrado según el periodo de tiempo.

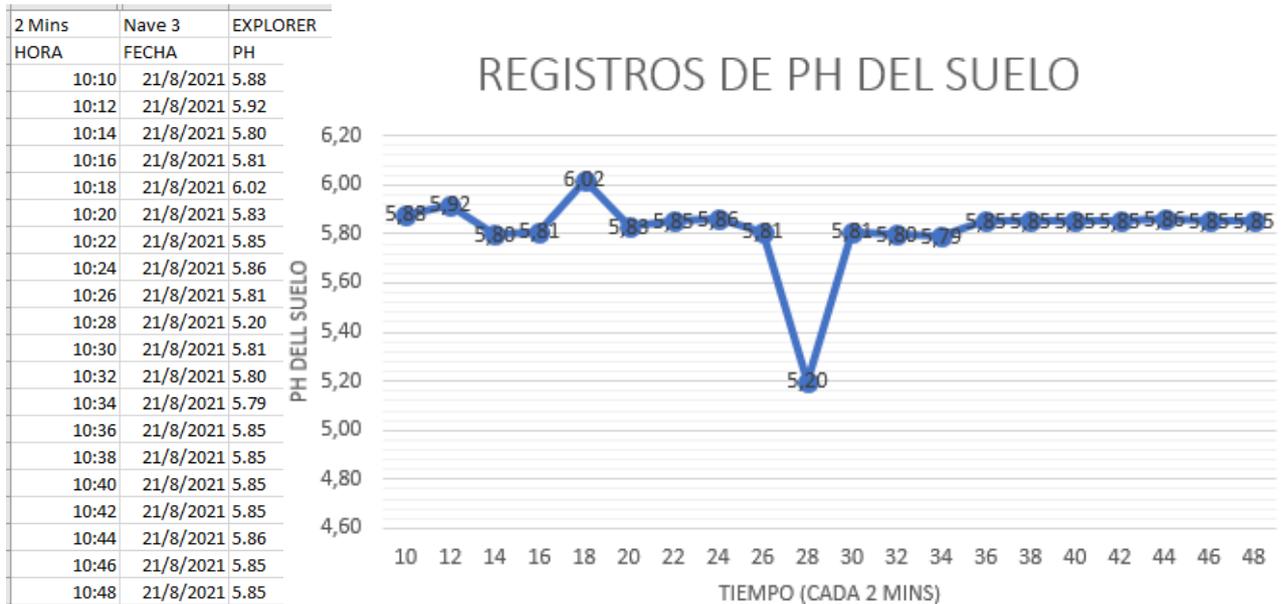
### **3.8.3. Gráficas de datos almacenados**

Con las mediciones registradas en un archivo extraíble del dispositivo se puede realizar un análisis y procesamiento de esta información con el fin de incorporar más procesos manuales, semiautomáticos o en el mejor de los casos estructurar un sistema embebido automático. En este apartado se hizo uso de los datos almacenados para generar gráficas donde se visualicen las variaciones en función del tiempo de monitoreo en diferentes circunstancias.

## Monitoreo sin variaciones

El primer caso representa a la instalación del equipo en un día de control donde no se coloca ningún aditivo en el cultivo de rosas durante 40 minutos en un periodo de 2 minutos visualizando los datos de la Figura 74. Que mediante una gráfica se puede observar las pocas variaciones.

**Figura 74** Gráfica de mediciones registradas en un ciclo de monitoreo sin aditivos en el suelo.

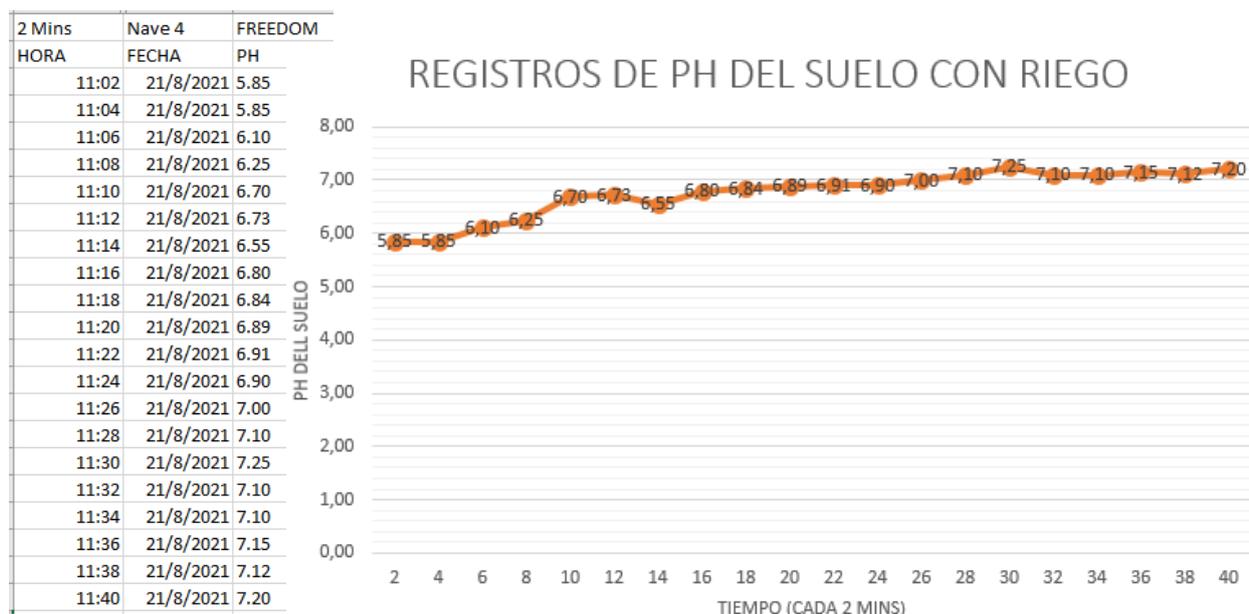


Mediante los registros almacenados del dispositivo el usuario puede generar esta imagen donde se puede observar valores próximos al pH que debe mantener un cultivo de rosas para su desarrollo correcto.

## Monitoreo en Riego

En este segundo caso se volvió a realizar el proceso de monitoreo del pH con las mismas configuraciones de tiempo, pero en un ciclo de riego. Con los datos obtenidos se realiza la gráfica de la Figura 75.

**Figura 75** Gráfica de mediciones registradas en un ciclo de monitoreo con riego en el suelo.

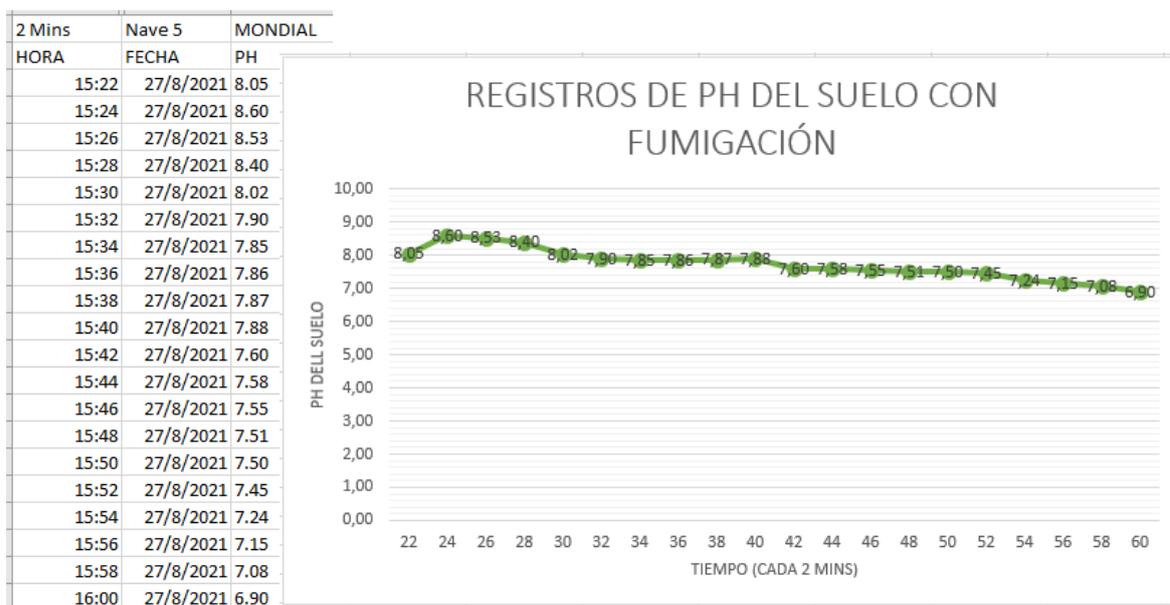


La medición del pH en este registro muestra el comportamiento del suelo del que se abren las válvulas de agua de riego a posterior donde pasa de un pH de 5,85 a un pH muy próximo a una sustancia neutra como es el agua con un pH de 7. Por motivo del período de monitoreo no se puede observar como el pH comienza a bajar nuevamente una vez que el agua es asimilada por el suelo del cultivo.

### Monitoreo en Fumigaciones

El tercer proceso de monitoreo parte de las mismas configuraciones de tiempo en el cultivo, pero mientras se realiza un proceso de fumigación. Partiendo de los datos obtenidos se observa el comportamiento del pH mediante la gráfica que se obtiene en la Figura 76.

**Figura 76** Gráfica de mediciones registradas en un ciclo de monitoreo con fumigación en el suelo.

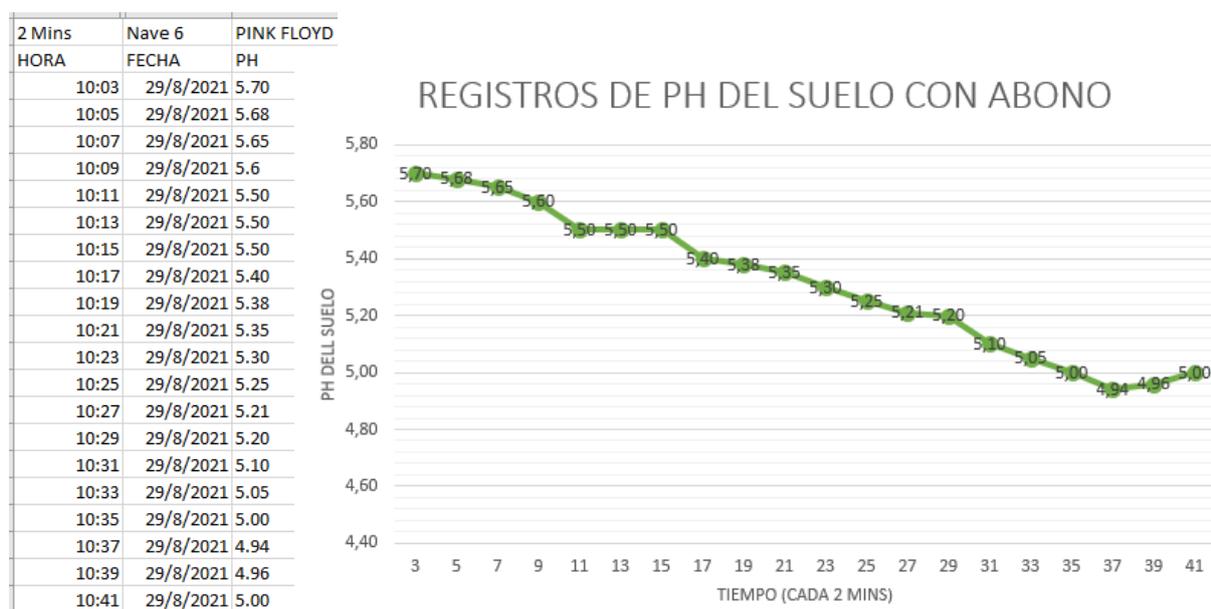


Para este caso en particular se trabajó en acción de remediación ya que el cultivo consiguió un nivel de pH alcalino de 8.60 en el punto máximo visualizado. En respuesta a esto se realiza la fumigación en el riego por goteo para su pronta asimilación y con ello conseguir el pH próximo entre 5.5 a 6.5; en la gráfica se observa el valor mínimo de 6.9 debido a la finalización del ciclo de monitoreo.

### Monitoreo en Colocación de Abonos

El cuarto proceso de monitoreo se realiza durante la colocación de abono en las naves de los cultivos de rosa. Los datos obtenidos permiten generar una gráfica donde se puede comprender de mejor manera el comportamiento del pH. Partiendo de los datos obtenidos se observa el comportamiento del pH mediante la gráfica que se obtiene en la Figura 77.

**Figura 77** Gráfica de mediciones registradas en un ciclo de monitoreo con la colocación abono en el suelo.



En los apartados anteriores es notable visualizar mediante los casos presentados la utilización del medidor de pH realizado con el fin de obtener una herramienta práctica y a disposición total mejorando el tiempo de respuesta o los procesos de remediación ante anomalías en el pH del cultivo.

Adicionalmente, durante el proceso de pruebas se pudo evidenciar lo importante de poder visualizar los registros para conocer el impacto de las sustancias que se emplean para regular el pH como fue durante el riego, fumigación y colocación de abono. También, se realizó diferentes ajustes y se enlisto algunas mejoras para una nueva versión del dispositivo con conectividad con un sistema de riego y control de humedad que se desarrollaba en el lugar.

### 3.8.4. Inducción del dispositivo

Un dispositivo con un diseño e interfaz minimalista hace que el usuario pueda comprender rápidamente las funcionalidades y utilizarlo de manera eficiente. El

productor quien fue el beneficiario, Figura 78, en la construcción del proyecto de tesis logró comprender y utilizar el dispositivo en un lapso mínimo de tiempo.

**Figura 78** *Inducción del medidor de pH del suelo*



*Nota.* En la imagen se visualiza el proceso de inducción de funcionamiento al beneficiario.

### **3.9. Metodología de Cascada: Fase 5 Mantenimiento**

Para la parte del mantenimiento se realizó un pequeño manual de usuario donde se describen: las partes del dispositivo indicadores del dispositivo, la manera que utilización adecuada y el mantenimiento del dispositivo, todo esto se puede visualizar en el Anexo 9.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

La medición y control del pH en el suelo es una de las variables críticas que intervienen en gran medida en el correcto desarrollo de una rosa de calidad las cuales son monitoreadas mediante instrumentos o personal externo a un costo no siempre accesible en especial en cultivos de pequeñas y medianas extensiones motivo por el cual el desarrollar un dispositivo medidor de pH compacto y multifuncional constituyo una solución integral para este problema.

El dispositivo construido en este proyecto se instaura como una herramienta multifuncional que mediante un sensor de electrodo industrial permite la medición y monitoreo de pH las cuales son dos actividades recurrentes en tendencia para optimizar los cultivos y adentrarse a la agricultura de precisión. Un menor tamaño y una alta autonomía permite su portabilidad a diferentes cultivos de rosas para generar registros de mediciones donde, además, un indicador de carga luminoso, una botonera con indicadores en su superficie y una interfaz gráfica minimalista otorga a los usuarios una facilidad al emplearlo satisfaciendo sus necesidades constituyendo el resultado del diseño realizado durante este proyecto.

Mediante pruebas de calibración, comparativas y de campo el dispositivo presenta los beneficios de implementar un sensor industrial de pH obteniendo un error porcentual máximo de 1,45% y un error porcentual promedio de 0,77% en las mediciones analizadas el cual con relación a sensores comerciales agrícolas con un error < 5% presenta mejores prestaciones para un agricultor de pequeños y medianos cultivos.

El productor de rosas de pequeños y medianos cultivos de rosas mediante la implementación del dispositivo desarrollado sustituyó el procedimiento manual de medición de pH periódico el cual solo identificaba rangos específicos, por una medición digital mediante un sensor industrial a total disposición del usuario.

## **Recomendaciones**

Se recomienda realizar el mantenimiento del sensor de pH del dispositivo para asegurar la total sensibilidad y precisión de las mediciones al momento de ser utilizado el medidor de pH.

El dispositivo realizado en este proyecto cuenta con la capacidad de seguir desarrollándose con la finalidad de entrelazarse con sistemas de control de riego o humedad.

Un manual o guía de uso de un dispositivo se vuelve esencial al empezar a utilizar un equipo nuevo. Además, este debe ser claro y como recomendación lo más simplificado posible.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aldan, N. (1999). *Evaluación de las características morfológicas de treinta y una variedades de rosas*. 120.
- Álvares, M. (1980). AGROTECNIA DE LOS ROSALES. *Floricultura*, 505–545.
- Brainly. (2018). *Calcular el pH de una solución 0.5 M de Hidroxido de Sodio NaOH*.  
<https://brainly.lat/tarea/9609477>
- Caballero, M. (1997). *Hidroponía una esperanza para Latinoamérica*. 219–231.
- Fainstein, R. (1997). *Manual para el Cultivo de Rosas en Latinoamericana*. 247.
- Gibson, M. (1995). *Guías Jardín BLUME*. 91–95.
- González, F., & Calero, S. (2019). *Comparación de las metodologías cascada y ágil para el aumento de la productividad en el desarrollo de software*.
- Henao, M. A. (2016). *Prácticas sostenibles en el cultivo de plantas ornamentales convencionales producidas bajo invernadero usadas en Banner Greenhouses (Nebo, Carolina del Norte E.E.U.U)* (Vol. 147) [Corporación Universitaria Lasallista].  
[http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1917/1/Practicas\\_sostenibles\\_cultivo\\_plantas\\_ornamentales.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1917/1/Practicas_sostenibles_cultivo_plantas_ornamentales.pdf)
- Hessayón, D. (1994). *Manual de cultivo y conservación*. 126.
- INDUANÁLISIS. (2019). *Variables Climáticas*.  
[https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/variables\\_climaticas\\_23](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/variables_climaticas_23)
- Infoagro. (2018). *El cultivo de la rosa*.  
[https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_rosa.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_rosa.asp)
- Leiva, F. (2020). *La agricultura de precisión: una producción más sostenible y competitiva con visión futurista*.  
[https://www.researchgate.net/publication/228425520\\_La\\_agricultura\\_de\\_precision\\_una\\_produccion\\_mas\\_sostenible\\_y\\_competitiva\\_con\\_vision\\_futurista](https://www.researchgate.net/publication/228425520_La_agricultura_de_precision_una_produccion_mas_sostenible_y_competitiva_con_vision_futurista)
- OMEGA. (2021). *Medidores de pH, ¿qué son y como funcionan?*  
<https://es.omega.com/prodinfo/medidor-ph.html>
- Oña Paucar, E. S. (2020). *Medición de PH y conductividad eléctrica para el control de un sistema hidropónico NFT*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10622>
- Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y la disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 4–7.  
[http://www.walterosorio.net/web/sites/default/files/documentos/pdf/1\\_4\\_pH\\_del\\_suelo\\_y\\_nutrientes\\_0.pdf](http://www.walterosorio.net/web/sites/default/files/documentos/pdf/1_4_pH_del_suelo_y_nutrientes_0.pdf)
- Pérez, E. (2019). *Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica*. 29.  
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822016000300003](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000300003)
- Pineda, J. (2018). *Floricultura*.  
<https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/floricultura/>

- Ramos, E., & Zúñiga, D. (2008). Efecto De La Humedad, Temperatura Y Ph Del Suelo En La Actividad Microbiana a Nivel De Laboratorio. *Ecología Aplicada*, 7(1–2), 123. <https://doi.org/10.21704/rea.v7i1-2.367>
- Remmers, G. (2000). Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. In *Agricultura y sociedad*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=82907>
- REVIEWS, A. (2018). *pH*. <https://es.wikipedia.org/wiki/PH>
- Roca, D., & Martínez, P. F. (2018). *Análisis del crecimiento y estimación de la producción de rosas para flor cortada basada en variables climáticas*.
- Rodríguez, A. (1999). EL CULTIVO DEL ROSAL Y SU PROPAGACIÓN. In *El arte de cultivar plantas ornamentales tropicales* (1st ed.). Editorial José Martín. <https://isbn.cloud/9789590901782/el-arte-de-cultivar-plantas-ornamentales-tropicales/>
- Rosas, G., Puentes, Y., & Menjivar, J. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 529–541. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num3\\_art:742](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:742)
- Roses, E. (2019). *¿POR QUÉ LAS ROSAS ECUATORIANAS SON LAS MEJORES?* <https://ecoroses.com.ec/es/por-qu-las-rosas-ecuatorianas-son-las-mejores>
- S.A., F. (2019). *Floricultura*. <http://www.floraroma.com.ec/>
- Silva, M. V. (2020). *La capacidad de cultivo de flores de Ecuador suma USD 900 millones*. 1. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/venta-local-flores-negocios-economia.html#:~:text=Según cifras de la Asociación,ronda los USD 900 millones.>
- Tucker, J. (2019). *Análisis de Competitividad Económica del Sector Floricultor del Ecuador en el Período 2015 – 2018*. 136. <https://bit.ly/2CGLPxa>
- Vélez, M., & Sozorange, H. (2016). LA FLORICULTURA EN EL ECUADOR. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 1–6. <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/10/floricultura.html>
- Vidalie, H. (1992). *La producción de flor cortada*. 167–178.
- Viracocha, W. G. (2013). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN VIVERO PERMANENTE DE PLANTAS ORNAMENTALES EN EL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/861/1/TESIS W.pdf>
- Weyler, E., & Kusery, W. (2001). *Propagation of roses from cuttings*. 15, 85–86.

# ANEXOS

## Anexo 1: Entrevista



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA  
ENTREVISTA PARA REVANTE DE REQUERIMIENTOS**

**Fecha:** 24-04-2021

**Entrevistador:** Michael Colcha

**Entrevistado:** Dueño del cultivo de rosas

**¿CUÁL ES EL PROBLEMA?**

El pH es fundamental para el cultivo de rosas

Un pH muy alto o bajo implica un mal desarrollo de la Rosa

La peor situación sería el cambio total de la Rosa

Actualmente se mide el pH de manera manual

Es necesario un buen control del pH para tener rosas de calidad

**¿QUÉ SE REALIZA ACTUALMENTE PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA?**

Se utiliza muestras del suelo disueltas en agua

Se utiliza papeles de pH para medir los rangos de pH

Se mide el pH cada 3 días

Se llama a un tercero para medir el pH

El procedimiento es 100% manual

**¿QUÉ LE GUSTARÍA QUE SE DESARROLLE PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA?**

Desarrollar un medidor de pH digital

Un dispositivo portable

Un dispositivo con lecturas o mediciones confiables

Un dispositivo con una pantalla donde se visualice los datos o las mediciones

Un dispositivo económico

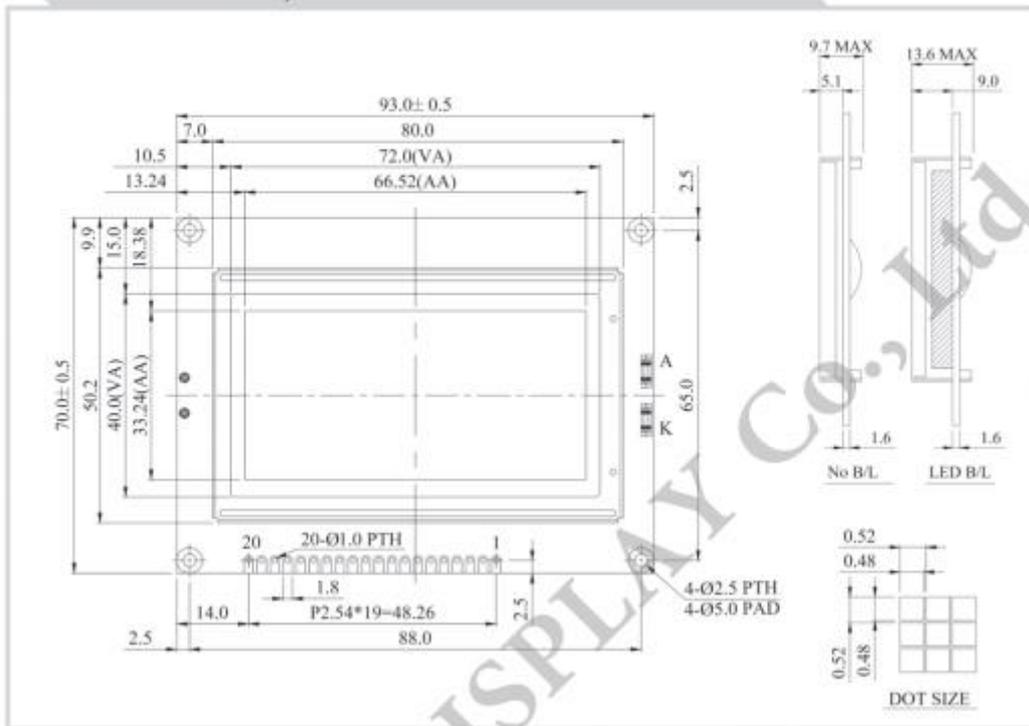
Un dispositivo durable

Un dispositivo que tenga servicios adicionales

Un dispositivo que permita monitorear un cultivo

## Anexo 2: Datasheet LCD 128x64

### WG12864A Graphic 128x64 dots



#### Feature

1. Built-in controller (NT 7108 or equivalent)
2. 5V power supply
3. 1/64 duty cycle
4. WG12864AB: N.V. option for 3.3V
5. WG12864A1: double-row interface

Pin No.	Symbol	Description
1	V <sub>SS</sub>	Ground
2	V <sub>DD</sub>	Power supply for logic
3	V <sub>Q</sub>	Contrast Adjustment
4	D/I	Data/ Instruction select signal
5	RW	Read/Write select signal
6	E	Enable signal
7	DB0	Data bus line
8	DB1	Data bus line
9	DB2	Data bus line
10	DB3	Data bus line
11	DB4	Data bus line
12	DB5	Data bus line
13	DB6	Data bus line
14	DB7	Data bus line
15	CS1	Select Column 1~ Column 64
16	CS2	Select Column 65~ Column 128
17	/RES	Controller reset signal, Active Low
18	V <sub>EE</sub>	Negative Voltage Output
19	A	Power supply for B/L +
20	K	Power supply for B/L -

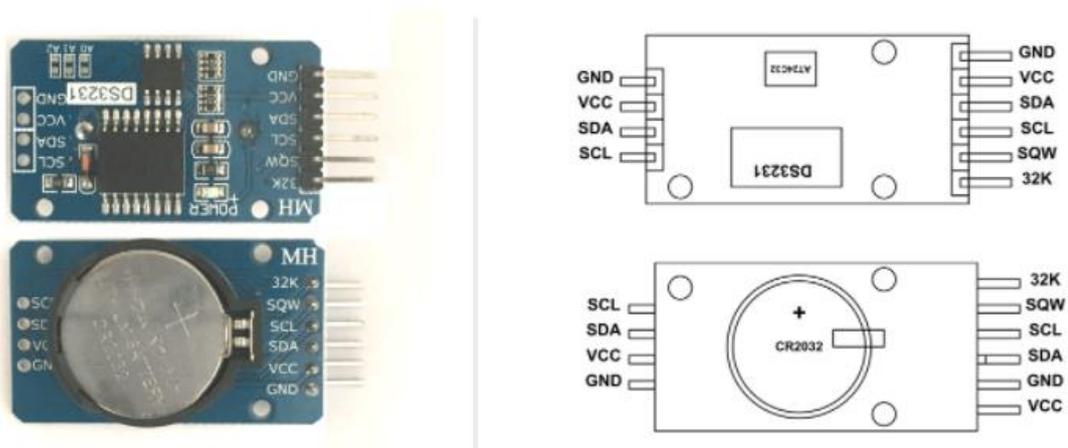
#### Mechanical Data

Item	Standard Value	Unit
Module Dimension	93.0 x 70.0	mm
Viewing Area	72.0 x 40.0	mm
Mounting Hole	88.0 x 65.0	mm
Dot Pitch	0.52 x 0.52	mm
Dot Size	0.48 x 0.48	mm

#### Electrical Characteristics

Item	Symbol	Standard Value	Unit
		typ.	
Input Voltage	VDD	5.0	V
Recommended LCD Driving Voltage for Normal Temp. Version module @25°C	VDD-V0	8.90	V

### Anexo 3: Datasheet RTC DS3231



#### DS3231 RTC Pin Configuration

**DS3231** is a six terminal device, out of them two pins are not compulsory to use. So we have mainly four pins. These four pins are given out on other side of module sharing the same name.

Pin Name	Description
VCC	Connected to positive of power source.
GND	Connected to ground.
SDA	Serial Data pin (I2C interface)
SCL	Serial Clock pin (I2C interface)
SQW	Square Wave output pin
32K	32K oscillator output

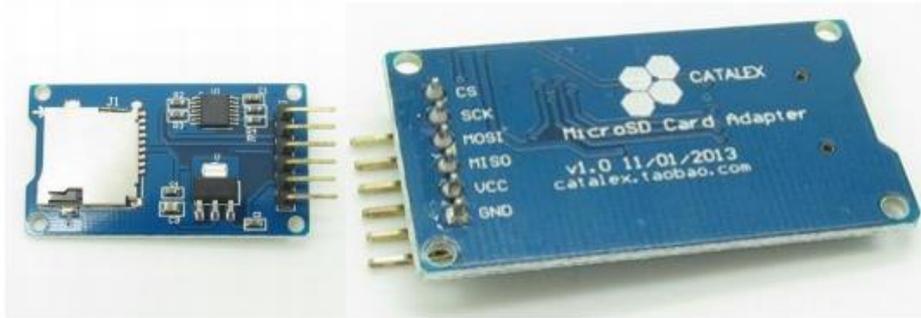
### **DS3231 RTC MODULE Features**

- RTC counts seconds, minutes, hours and year
- Accuracy: +2ppm to -2ppm for 0°C to +40°C , +3.5ppm to -3.5ppm for -40°C to +85°C
- Digital temperature sensor with  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  accuracy
- Two Time-of-day alarms
- Programmable square wave output
- Register for Aging trim
- 400Khz I2C interface
- Low power consumption
- Automatic power failure battery switch circuitry
- CR2032 battery backup with two to three year life
- Potable size

### **DS3231 RTC MODULE Specifications**

- Operating voltage of DS3231 MODULE: 2.3V – 5.5V
- Can operate on LOW voltages
- Consumes 500nA on battery backup
- Maximum voltage at SDA , SCL : VCC + 0.3V
- Operating temperature: -45°C to +80°C

## Micro SD Card Micro SDHC Mini TF Card Adapter Reader Module for Arduino



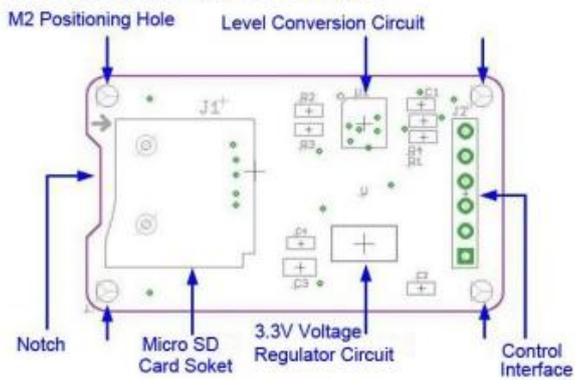
### Description

- The module (MicroSD Card Adapter) is a Micro SD card reader module for reading and writing through the file system and the SPI interface driver, SCM system can be completed within a file MicroSD card
- Support Micro SD Card, Micro SDHC card (high speed card)
- Level conversion circuit board that can interface level is 5V or 3.3V
- Power supply is 4.5V ~ 5.5V, 3.3V voltage regulator circuit board
- Communications interface is a standard SPI interface
- 4 M2 screws positioning holes for easy installation
- Control Interface: A total of six pins (GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS), GND to ground, VCC is the power supply, MISO, MOSI, SCK for SPI bus, CS is the chip select signal pin;
- 3.3V regulator circuit: LDO regulator output 3.3V for level conversion chip, Micro SD card supply;
- Level conversion circuit: Micro SD card to signal the direction of converts 3.3V, MicroSD card interface to control the direction of the MISO signal is also converted to 3.3V, general AVR microcontroller systems can read the signal;
- Micro SD card connector: self bomb deck, easy card insertion.
- Positioning holes: 4 M2 screws positioning holes with a diameter of 2.2mm, so the module is easy to install positioning, to achieve inter-module combination.

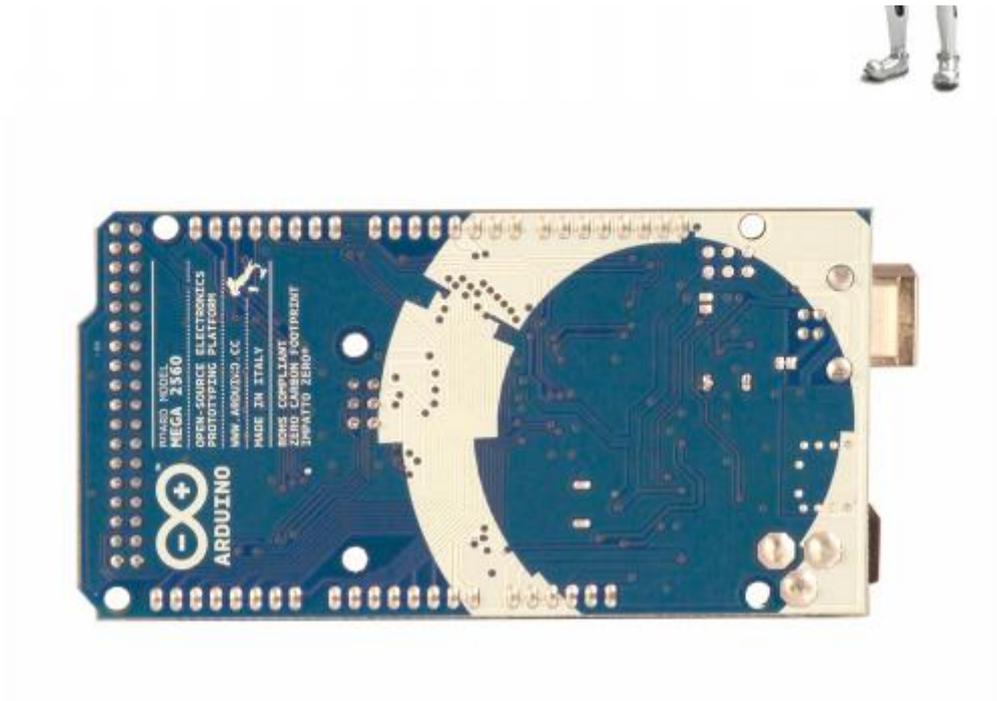
**Interface Parameters:**

Items	Min	Typical	Max	Unit
Power Voltage VCC	4.5	5	5.5	V
Current	0.2	80	200	mA
Interface Electrical Potential	3.3 or 5			V
Support Card Type	Micro SD Card(<=2G), <u>Mirco</u> SDHC Card(<=32G)			—
Size	42X24X12			mm
Weight	5			g

**Mirco SD Card Interface Module:**



## Anexo 5: Datasheet Arduino Mega 2560



### Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

### Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#)



Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

## Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

## Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

# Anexo 6: Datasheet Sensor de pH con Electrodo Industrial

## Introduction

- This pH combination electrode is made of sensitive glass membrane with low impedance. It can be used in a variety of PH measurements with fast response, good thermal stability. It has the good reproducibility, difficult to hydrolysis, and basically eliminate the alkali error. In 0 to 14pH range, the output voltage of the electrode is linear. The reference system which consist of the Ag/AgCl gel electrolyte salt bridge has a stable half-cell potential and excellent anti-pollution performance. The ring PTFE membrane is not easy to be clogged, so the electrode is suitable for long-term online detection.
- This product is only a part. Its usage is same with the pH meter (SKU:SEN0161), and the Industrial one is suitable for long-term monitoring.

## Applications

The electrode is suitable for all kinds of printing, circuit board factory, wastewater containing chromium and other industrial and domestic sewage pH monitoring.

## Specification

- Length (with protective cover): 17.7cm
- Diameter: 2.74cm
- Wire Length: 5m
- Connector: BNC
- Measuring Range: 0-14pH
- Measuring Precision:  $\leq 0.02$ pH
- Suitable Temperature: 0-60°C
- Response Time: 10sec
- Drift:  $\leq 0.02$ PH/24hours
- Resistance of Sensitive Membrane:  $\leq 200 \times 10^6 \Omega$
- Slope:  $\geq 95$  %
- Electrode's Equipotential Point:  $7 \pm 0.5$ PH

## pH Electrode Characteristics

The output of the pH electrode is Millivolts, and the relationship between pH value and output voltage is shown as follows (25 °C):

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

## Dimensional Drawing



## Use and Maintenance

- Electrode must be known before the measurement standard buffer solution PH value calibrated to improve the measurement accuracy , PH value of the buffer to be reliable, and the closer the measured value , the better , generally no more than three PH.
- Sensitive glass bubble ball electrode tip is not in contact with a hard object , any breakage and hair will rub the electrode failure.
- Electrode receptacle must be kept clean and dry height , if tarnished available medical cotton and ethanol to wipe and dry , definitely prevent the output ends of a short circuit , otherwise it will lead to inaccurate measurements or failure.
- Measurements should be taken before the bubble inside the glass bulb rejection to , otherwise it will cause measurement errors , measurement, should stir the electrode in the test solution still placed to accelerate response.
- Both before and after measurements and clean the electrode with deionized water to ensure measurement accuracy , the viscosity was measured in a sample , the electrodes need to use deionized water to remove the solvent.
- Passivated electrode will produce long-term use , the phenomenon is sensitive to low gradient , slow response , inaccurate readings , then you can lower end of the electrode bulb with 0.1M solution soak for 24 hours ( preparation 0.1M dilute hydrochloric acid : 9ml hydrochloride diluted with distilled water to 1000ml), then use 3Mkcl solution soak for several hours to restore performance.
- Glass bulb liquid surface contamination or blockage , but also make the electrode passivation , at this time , should be based on the nature of the pollutant , the appropriate cleaning solution.
- Electrode cycle is about a year, after aging should be promptly replaced with new electrodes.

## Anexo 7: Datasheet RPI Power Pack

### Description:

This module is a lithium battery power bank designed for the Raspberry Pi, allowing the Raspberry Pi board to work up to 9 hours off-line. With 2 USB-A ports onboard, one can supply power to the Raspberry Pi board, and the other can power devices such as embedded LCD screen.

### Specifications:

Battery capacity: 3800mAh

output current: 1.4A

Output voltage: 5.1V  $\pm$  0.1V

Standard charging current / voltage: 1.0A/5.0V

Lithium battery charging voltage: 4.18V-4.2V

It can last about 9 hours if only with the raspberry pi board

It can last about 6 hours if with board and 3.5 inch screen

It can last about 2.5 hours if with board and 7 inch screen

### Notes:

The Lithium battery expansion board can be also used on cellphone.

You can charging this battery even if the switch is turn off.

### Package included:

1x V1.0 Lithium Battery Expansion Board



## Anexo 8: Código Arduino

```
1 //LIBRERÍAS
2 #include <RTClib.h> //Librería de Reloj de Tiempo Real
3 #include <U8g2lib.h> //Librería de LCD 128x64
4 #include <SD.h> //Librería para Tarjeta SD
5 #include <SPI.h> //Librería Comunicación SPI
6
7 //ASIGNACIONES
8 RTC_DS3231 RTC; //Asignación de RTC DS3231
9 U8G2_ST7920_128X64_F_SW_SPI
10 u8g2(U8G2_R0, 8, 9, 10, U8X8_PIN_NONE); //Asignación de LCD
11
12 //VARIABLES
13 //Bateria
14 int rojo = 5; //Led Rojo
15 int verde = 6; //Led Verde
16 int azul = 7; //Led Azul
17
18 //Modos
19 int BMo = 2; //Botón 4 para Monitoreo
20 int Na = 3; //Botón 5 para Navegar
21 int Se = 4; //Botón 6 para Seleccionar
22 int BH = 11; //Botón 11 para Historial
23
24 //Selección Monitoreo
25 int ST = 0; //Variable para Selección Tiempo
26 int Sltiempo = 0; //Variable Opciones Tiempo
27 String S2tiempo; //Variable Selección de Tiempo
28 int Tiempo = 0; //Valor Selección Tiempo
29
30 int SN = 0; //Variable para Selección Nave
31 int Slnave = 0; //Variables Opciones Tiempo
32 String Nave; //Variable Selección de Nave
33
34 int SR = 0; //Variable para Selección Tipo de Rosa
35 int Slrosa = 0; //Variables Opciones Tiempo
36 String Rosa; //Variable Selección de Rosa
37
38 int SM = 0; //Variable para Selección Monitoreo
39
40 //Sensor de PH
41 float Voltaje; //Variable de Voltaje
42 float Calibracion = 21.30; //Variable de Calibración
43 unsigned long int avgval; //Variable de Valores
44 int Promedio[10], Tempe; //Variables de Matrices de Datos
45 int Valorph; //Variable de PH Sin Acondicionamiento
```

```

46 float ph; //Variable de PH
47
48 //Reloj de Tiempo Real
49 String dia, mes, ano, horas, minutos; //Variable de Valores para Datos de RTC
50 String fecha, hora; //Variable de Valores para Grupos de RTC
51
52 //Micro SD
53 File datos; //Archivo de Datos
54 int sd; //Verificación de SD
55 int portMo = 0; //Indicador de HMI Monitoreo
56 int portH = 0; //Indicador de HMI Historial
57 int contagsd = 0; //Contador de Mediciones Guardadas
58 int ciclogsd = 0; //Ciclos del Contador para Guardar
59 String guardar; //Variable de Valores para Guardar
60 String t; //Símbolo de Tiempo
61 String n; //Símbolo de Nave
62 String r; //Símbolo de Rosa
63 String NombreA; //Cadena del Nombre del Archivo
64 int Contat; //Contador de Tiempos
65 int lsdX; //Coordenada X para Gráficar Historial
66 int lsdY; //Coordenada y para Gráficar Historial
67 int contalsd = 0; //Contador de Lecturas
68 String hhora; //Hora Historial
69 String hfecha; //Fecha Historial
70 String hph; //PH Historial
71
72 //Display LCD 128x64
73 int display = 1; //Display 1
74
75 //GRÁFICOS
76 const uint8_t port[] USX8_PROGMEM = { //Gráfico de Interfaz de Portada en Píxeles
77     0x0f, 0x00, 0x00,
78     0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
79     0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff,
80     0xff, 0xbf,
81     0x05, 0x00, 0x00,
82     0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
83     0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
84     0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0xff, 0x00, 0x00, 0x20,
85     0x04, 0x00, 0xf0,
86     0xff, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
87     0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0xff, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
88     0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0xff, 0x00, 0x00, 0x20,
89     0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0x0f,
90     0xff, 0x0f, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,

```

91 0x00, 0x00, 0xff, 0x0f, 0xff, 0x0f, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
92 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0x0f, 0xff, 0x0f, 0x00, 0x20,  
93 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0x0f,  
94 0xff, 0x0f, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
95 0x00, 0xf0, 0xf0, 0xf0, 0xf0, 0xf0, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
96 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0xf0, 0xf0, 0xf0, 0x0f, 0x00, 0x20,  
97 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0xf0, 0xf0,  
98 0xf0, 0x0f, 0x00, 0x20, 0x04, 0x22, 0xfc, 0x3c, 0xfc, 0x3c, 0xe0, 0xe1,  
99 0x01, 0xf0, 0xf0, 0xf0, 0xf0, 0x0f, 0x00, 0x20, 0x04, 0x22, 0xfc, 0x7c,  
100 0xfc, 0x7c, 0xf0, 0xe3, 0x03, 0xf0, 0x0f, 0xf0, 0xf0, 0x00, 0x00, 0x20,  
101 0x04, 0x63, 0x0c, 0xcc, 0x30, 0xcc, 0x18, 0x66, 0x06, 0xf0, 0x0f, 0xf0,  
102 0xf0, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x63, 0x0c, 0x8c, 0x31, 0x8c, 0x0d, 0x6c,  
103 0x0c, 0xf0, 0x0f, 0xf0, 0xf0, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x63, 0xfc, 0x8c,  
104 0x31, 0x8c, 0x0d, 0x6c, 0x0c, 0xf0, 0x0f, 0xf0, 0xf0, 0x00, 0x00, 0x20,  
105 0x84, 0xf7, 0xfc, 0x8c, 0x31, 0x8c, 0x0d, 0xec, 0x07, 0xf0, 0xff, 0xff,  
106 0xf0, 0xff, 0x00, 0x20, 0x84, 0xdd, 0x0c, 0x8c, 0x31, 0x8c, 0x0d, 0xec,  
107 0x01, 0xf0, 0xff, 0xff, 0xf0, 0xff, 0x00, 0x20, 0x84, 0xdd, 0x0c, 0xcc,  
108 0x30, 0xcc, 0x18, 0x66, 0x03, 0xf0, 0xff, 0xff, 0xf0, 0xff, 0x00, 0x20,  
109 0x84, 0xc9, 0xfc, 0x7c, 0xfc, 0x7c, 0xf0, 0x63, 0x06, 0xf0, 0xff, 0xff,  
110 0xf0, 0xff, 0x00, 0x20, 0x84, 0xc9, 0xfc, 0x3c, 0xfc, 0x3c, 0xe0, 0x61,  
111 0x0c, 0x0f, 0xff, 0x0f, 0xff, 0xff, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
112 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0f, 0xff, 0x0f, 0xff, 0xff, 0x00, 0x20,  
113 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0f, 0xff, 0x0f,  
114 0xff, 0xff, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
115 0x00, 0x0f, 0xff, 0x0f, 0xff, 0xff, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
116 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0x00, 0xf0, 0xf0, 0x0f, 0x00, 0x20,  
117 0x04, 0x00, 0x1e, 0xfc, 0x00, 0x1f, 0xc3, 0x00, 0x00, 0xff, 0x00, 0xf0,  
118 0xf0, 0x0f, 0x00, 0x2f, 0x04, 0x00, 0x3e, 0xfc, 0x00, 0x3f, 0xc3, 0x00,  
119 0x00, 0xff, 0x00, 0xf0, 0xf0, 0x0f, 0x00, 0x2f, 0x04, 0x00, 0x66, 0x0c,  
120 0x00, 0x63, 0xc3, 0x00, 0x00, 0xff, 0x00, 0xf0, 0xf0, 0x0f, 0x00, 0x2f,  
121 0x04, 0x00, 0xc6, 0x0c, 0x00, 0x63, 0xc3, 0x00, 0x00, 0xff, 0xff, 0xff,  
122 0x0f, 0x00, 0x00, 0x2f, 0x04, 0x00, 0xc6, 0xfc, 0x00, 0x3f, 0xff, 0x00,  
123 0x00, 0xff, 0xff, 0xff, 0x0f, 0x00, 0xf0, 0x2f, 0x04, 0x00, 0xc6, 0xfc,  
124 0x00, 0x1f, 0xff, 0x00, 0x00, 0xff, 0xff, 0xff, 0x0f, 0x00, 0xf0, 0x2f,  
125 0x04, 0x00, 0xc6, 0x0c, 0x00, 0x03, 0xc3, 0x00, 0x00, 0xff, 0xff, 0xff,  
126 0x0f, 0x00, 0xf0, 0x2f, 0x04, 0x00, 0x66, 0x0c, 0x00, 0x03, 0xc3, 0x00,  
127 0x00, 0xf0, 0x0f, 0xff, 0xff, 0x00, 0xf0, 0x2f, 0x04, 0x00, 0x3e, 0xfc,  
128 0x00, 0x03, 0xc3, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x0f, 0xff, 0xff, 0x00, 0xff, 0x2f,  
129 0x04, 0x00, 0x1e, 0xfc, 0x00, 0x03, 0xc3, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x0f, 0xff,  
130 0xff, 0x00, 0xff, 0x2f, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
131 0x00, 0xf0, 0x0f, 0xff, 0xff, 0x00, 0xff, 0x2f, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
132 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0xf0, 0x0f, 0xff, 0x20,  
133 0x04, 0x00, 0xff,  
134 0xf0, 0x0f, 0xff, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
135 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0xf0, 0x0f, 0xff, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,

```

136 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0xf0, 0x0f, 0xff, 0x20,
137 0x04, 0x00, 0x00,
138 0x00, 0x0f, 0xff, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
139 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0f, 0x0f, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
140 0x00, 0x0f, 0x0f, 0x20,
141 0x04, 0x00, 0x00,
142 0x3c, 0x0f, 0x0f, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
143 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x3c, 0xff, 0x0f, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
144 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7f, 0xff, 0x00, 0x20,
145 0x04, 0x00, 0xe0,
146 0x7f, 0xff, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
147 0x00, 0x00, 0x00, 0xf8, 0x7f, 0xff, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
148 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf8, 0x7f, 0xf0, 0x00, 0x20,
149 0x04, 0x00, 0xf8,
150 0xff, 0xf0, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
151 0x00, 0x00, 0x80, 0xff, 0xff, 0xf0, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
152 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x87, 0xff, 0xff, 0x00, 0x20,
153 0x04, 0x00, 0x80, 0x07,
154 0xf0, 0xff, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
155 0x00, 0x00, 0x80, 0x07, 0x00, 0xff, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
156 0x00, 0xff, 0x00, 0x20,
157 0x05, 0x00, 0x00,
158 0x00, 0xf0, 0x00, 0xa0, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
159 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xbf, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
160 0x00, 0x80,
161 0x0f, 0x00, 0x00,
162 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0};
163
164 const uint8_t hmime[] USX8_PROGMEM = { //Gráfico de Interfaz de Medidor en Pixeles
165 0x0f, 0x00, 0x00,
166 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
167 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff,
168 0xff, 0xbf,
169 0x05, 0x00, 0x00,
170 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0xf8, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
171 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x07, 0x00, 0x20, 0x04, 0xc0, 0x07, 0x00,
172 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x78, 0x00, 0x20,
173 0x04, 0x38, 0xf0, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
174 0xff, 0x87, 0x03, 0x20, 0x04, 0x84, 0x0f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
175 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x78, 0x0c, 0x20, 0x04, 0x63, 0x00, 0x00,
176 0x00, 0x80, 0x33, 0x20,
177 0x04, 0x19, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
178 0x00, 0x00, 0xcc, 0x20, 0x84, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
179 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x30, 0x21, 0x84, 0x03, 0x00, 0x00,
180 0x00, 0xc0, 0x21,

```



```

226 0x1f, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
227 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
228 0x00, 0x00, 0xb1, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20,
229 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x8f, 0x61, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
230 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x9f, 0x61,
231 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
232 0x00, 0x80, 0xb1, 0x61, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20,
233 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xb1, 0x61, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
234 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xb1, 0x7f,
235 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
236 0x00, 0x80, 0x9f, 0x7f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20,
237 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x8f, 0x61, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
238 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x81, 0x61,
239 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
240 0x00, 0x80, 0x81, 0x61, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20,
241 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x81, 0x61, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
242 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
243 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
244 0x00, 0x20,
245 0x05, 0x00, 0x00,
246 0x00, 0x00, 0x00, 0xa0, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
247 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xbf, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
248 0x00, 0x80,
249 0x0f, 0x00, 0x00,
250 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0};
251
252 const uint8_t moti[] USX8_PROGMEM = { //Gráfico de Interfaz de Monitoreo/Tiempo en Píxeles
253 0x0f, 0x00, 0x00,
254 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
255 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff,
256 0xff, 0xbf,
257 0x05, 0x00, 0x00,
258 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
259 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
260 0x00, 0x20,
261 0x04, 0x00, 0x00,
262 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
263 0x00, 0x00, 0x00, 0xfe, 0xff, 0xff, 0x7f, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
264 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x80, 0x21,
265 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0x00,
266 0x00, 0x00, 0x00, 0x22, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
267 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0xe0, 0x07, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
268 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x98, 0x19, 0x00, 0x24,
269 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00,
270 0x04, 0x20, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,

```

271 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x02, 0x40, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0xe0, 0xf7,  
272 0xfb, 0x88, 0x78, 0xe0, 0x01, 0x00, 0x20, 0x00, 0x09, 0x80, 0x00, 0x24,  
273 0x04, 0x00, 0xe0, 0xf7, 0xfb, 0x88, 0xf8, 0xf0, 0x03, 0x00, 0x20, 0x00,  
274 0x11, 0x80, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x80, 0xc1, 0x18, 0x8c, 0x19, 0x19,  
275 0x06, 0x00, 0x20, 0x80, 0x20, 0x00, 0x01, 0x24, 0x04, 0x00, 0x80, 0xc1,  
276 0xf8, 0xdc, 0x19, 0xd, 0x06, 0x00, 0x20, 0x80, 0x41, 0x80, 0x01, 0x24,  
277 0x04, 0x00, 0x80, 0xc1, 0xf8, 0x74, 0xf9, 0x0c, 0x06, 0x00, 0x20, 0x80,  
278 0x81, 0xbf, 0x01, 0x24, 0x04, 0x00, 0x80, 0xc1, 0x18, 0x76, 0x7b, 0x0c,  
279 0x03, 0x00, 0x20, 0x80, 0x00, 0x00, 0x01, 0x24, 0x04, 0x00, 0x80, 0xf1,  
280 0xfb, 0x22, 0x1a, 0xf8, 0x01, 0x00, 0x20, 0x00, 0x01, 0x80, 0x00, 0x24,  
281 0x04, 0x00, 0x80, 0xf1, 0xfb, 0x02, 0x1a, 0xe0, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00,  
282 0x01, 0x80, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
283 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x02, 0x40, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
284 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x04, 0x20, 0x00, 0x24,  
285 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00,  
286 0x98, 0x19, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
287 0x00, 0x00, 0x40, 0x00, 0xe0, 0x07, 0x00, 0x22, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
288 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x80, 0x21,  
289 0x04, 0x00, 0xfe,  
290 0xff, 0xff, 0x7f, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
291 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
292 0x00, 0x20,  
293 0x04, 0x00,  
294 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0xe4, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
295 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x27, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
296 0x00, 0x24,  
297 0x24, 0x00,  
298 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
299 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
300 0x00, 0x24,  
301 0x24, 0x00,  
302 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
303 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
304 0x00, 0x24,  
305 0x24, 0x00,  
306 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
307 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
308 0x00, 0x24,  
309 0x24, 0x00,  
310 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
311 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
312 0x00, 0x24,  
313 0x24, 0x00,  
314 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
315 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,

```

316 0x00, 0x24,
317 0x24, 0x00, 0x00,
318 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
319 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
320 0x00, 0x24,
321 0x24, 0x00, 0x00,
322 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
323 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
324 0x00, 0x24,
325 0x24, 0x00, 0x00,
326 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
327 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
328 0x00, 0x24,
329 0xe4, 0xff, 0xff,
330 0xff, 0xff, 0xff, 0x27, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
331 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
332 0x00, 0x20,
333 0x05, 0x00, 0x00,
334 0x00, 0x00, 0x00, 0xa0, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
335 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xbf, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
336 0x00, 0x80,
337 0x0f, 0x00, 0x00,
338 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0};
339
340 const uint8_t mona[] U8X8_PROGMEM = { //Gráfico de Interfaz de Monitoreo/Nave en Pixeles
341 0x0f, 0x00, 0x00,
342 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
343 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff,
344 0xff, 0xbf,
345 0x05, 0x00, 0x00,
346 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
347 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
348 0x00, 0x20,
349 0x04, 0x00, 0x00,
350 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
351 0x00, 0x00, 0x00, 0xfe, 0xff, 0xff, 0x7f, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
352 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x80, 0x21,
353 0x04, 0x00, 0x40, 0x00,
354 0x80, 0x01, 0x00, 0x22, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
355 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
356 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x30, 0x0c, 0x00, 0x24,
357 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00,
358 0x08, 0x11, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
359 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x86, 0x62, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x84,
360 0x81, 0x8c, 0x7d, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x41, 0x84, 0x00, 0x24,

```

361 0x04, 0x00, 0x00, 0x8c, 0xc1, 0x8c, 0x7d, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0xc0,  
362 0x20, 0x08, 0x03, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x9c, 0xe1, 0x88, 0x0c, 0x00,  
363 0x00, 0x00, 0x20, 0xe0, 0x20, 0x09, 0x07, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0xbc,  
364 0xa1, 0x88, 0x7c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x80, 0x20, 0x09, 0x01, 0x24,  
365 0x04, 0x00, 0x00, 0xec, 0xb1, 0xd9, 0x7c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x80,  
366 0x20, 0x09, 0x01, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0xcc, 0xf1, 0x71, 0x0c, 0x00,  
367 0x00, 0x00, 0x20, 0x80, 0x40, 0x05, 0x01, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x8c,  
368 0x99, 0x71, 0x7c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x80, 0x80, 0x03, 0x01, 0x24,  
369 0x04, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x0d, 0x23, 0x7c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x80,  
370 0x00, 0x01, 0x01, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
371 0x00, 0x00, 0x20, 0x80, 0x00, 0x01, 0x01, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
372 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x80, 0x00, 0x00, 0x01, 0x24,  
373 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x80,  
374 0xff, 0xff, 0x01, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
375 0x00, 0x00, 0x40, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x22, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
376 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x80, 0x21,  
377 0x04, 0x00, 0xfe,  
378 0xff, 0xff, 0x7f, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
379 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
380 0x00, 0x20,  
381 0x04, 0x00,  
382 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0xe4, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
383 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x27, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
384 0x00, 0x24,  
385 0x24, 0x00,  
386 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
387 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
388 0x00, 0x24,  
389 0x24, 0x00,  
390 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
391 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
392 0x00, 0x24,  
393 0x24, 0x00,  
394 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
395 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
396 0x00, 0x24,  
397 0x24, 0x00,  
398 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
399 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
400 0x00, 0x24,  
401 0x24, 0x00,  
402 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
403 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
404 0x00, 0x24,  
405 0x24, 0x00, 0x00,

```

406 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
407 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
408 0x00, 0x24,
409 0x24, 0x00, 0x00,
410 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
411 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
412 0x00, 0x24,
413 0x24, 0x00, 0x00,
414 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
415 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
416 0x00, 0x24,
417 0xe4, 0xff, 0xff,
418 0xff, 0xff, 0xff, 0x27, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
419 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
420 0x00, 0x20,
421 0x05, 0x00, 0x00,
422 0x00, 0x00, 0x00, 0xa0, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
423 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xbf, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
424 0x00, 0x80,
425 0x0f, 0x00, 0x00,
426 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0};
427
428 const uint8_t moro[] U8X8_PROGMEM = { //Gráfico de Interfaz de Monitoreo/Rosa en Píxeles
429 0x0f, 0x00, 0x00,
430 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
431 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff,
432 0xff, 0xbf,
433 0x05, 0x00, 0x00,
434 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
435 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
436 0x00, 0x20,
437 0x04, 0x00, 0x00,
438 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0xc4, 0xef, 0xf7, 0xc0, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00,
439 0x00, 0x00, 0x00, 0xfe, 0xff, 0xff, 0x7f, 0x20, 0xc4, 0xef, 0xf7, 0xe1,
440 0x07, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x80, 0x21,
441 0x04, 0x83, 0x31, 0x32, 0x0c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0x00,
442 0x00, 0x00, 0x00, 0x22, 0x04, 0x83, 0x31, 0x1a, 0x0c, 0x00, 0x00, 0x00,
443 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0x83, 0xf1, 0x19,
444 0x0c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24,
445 0x04, 0x83, 0xf1, 0x18, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00,
446 0xe0, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0xe3, 0x37, 0xf0, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00,
447 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0xdc, 0x01, 0x00, 0x24, 0x04, 0xe3, 0x37, 0xc0,
448 0xe1, 0xe1, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0xaa, 0x41, 0x00, 0x24,
449 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0xe3, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00,
450 0xa6, 0x60, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x60, 0x64, 0x00, 0x00,

```

451 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0xbe, 0x73, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
452 0x60, 0xec, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0xdd, 0x7b, 0x00, 0x24,  
453 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x60, 0xec, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00,  
454 0xa3, 0x39, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x60, 0x64, 0x00, 0x00,  
455 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x7f, 0x3c, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
456 0xe0, 0xe3, 0x7b, 0xf0, 0xf0, 0x81, 0x20, 0x00, 0xf6, 0x1c, 0x00, 0x24,  
457 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0xe1, 0xfb, 0xf8, 0xf9, 0xc3, 0x20, 0x00,  
458 0xb0, 0x07, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x98, 0xd,  
459 0x1b, 0xe0, 0x20, 0x00, 0x00, 0x01, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
460 0x00, 0x00, 0x98, 0x05, 0xf3, 0xa1, 0x20, 0x00, 0x00, 0x01, 0x00, 0x24,  
461 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf8, 0x04, 0xe3, 0xb3, 0x21, 0x00,  
462 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x78, 0xc,  
463 0x01, 0xf3, 0x41, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x22, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
464 0x00, 0x00, 0xd8, 0xf8, 0xf8, 0x9b, 0x81, 0x01, 0x00, 0x00, 0x80, 0x21,  
465 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x98, 0x71, 0xf0, 0x09, 0x03, 0xfe,  
466 0xff, 0xff, 0x7f, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
467 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
468 0x00, 0x20,  
469 0x04, 0x00,  
470 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0xe4, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
471 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x27, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
472 0x00, 0x24,  
473 0x24, 0x00,  
474 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
475 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
476 0x00, 0x24,  
477 0x24, 0x00,  
478 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
479 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
480 0x00, 0x24,  
481 0x24, 0x00,  
482 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
483 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
484 0x00, 0x24,  
485 0x24, 0x00,  
486 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
487 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
488 0x00, 0x24,  
489 0x24, 0x00,  
490 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
491 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
492 0x00, 0x24,  
493 0x24, 0x00,  
494 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
495 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,

```

496 0x00, 0x24,
497 0x24, 0x00, 0x00,
498 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
499 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
500 0x00, 0x24,
501 0x24, 0x00, 0x00,
502 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
503 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
504 0x00, 0x24,
505 0xe4, 0xff, 0xff,
506 0xff, 0xff, 0xff, 0x27, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
507 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
508 0x00, 0x20,
509 0x05, 0x00, 0x00,
510 0x00, 0x00, 0x00, 0xa0, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
511 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xbf, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
512 0x00, 0x80,
513 0x0f, 0x00, 0x00,
514 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0};
515
516 const uint8_t hmimo[] USX8_PROGMEM = { //Gráfico de Interfaz de Monitoreo en Pixeles
517 0x0f, 0x00, 0x00,
518 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
519 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff,
520 0xff, 0xbf,
521 0x05, 0x00, 0x00,
522 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
523 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
524 0x00, 0x20,
525 0x04, 0x00, 0x00,
526 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
527 0x00, 0x00, 0x00, 0xfe, 0xff, 0xff, 0x7f, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
528 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x80, 0x21,
529 0x04, 0x00, 0x40, 0x00,
530 0x00, 0x00, 0x00, 0x22, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
531 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
532 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24,
533 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00,
534 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
535 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
536 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24,
537 0x04, 0x44, 0xe0, 0x11, 0xf6, 0xfb, 0xe1, 0xf1, 0xf8, 0xf0, 0x20, 0x00,
538 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0x44, 0xf0, 0x33, 0xf6, 0xfb, 0xf1, 0xf3,
539 0xf9, 0xf8, 0x21, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0xc6, 0x18, 0x76,
540 0xc6, 0x60, 0x18, 0x36, 0x1b, 0x0c, 0x23, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24,

```

541 0x04, 0xee, 0x0c, 0xf6, 0xc6, 0x60, 0x0c, 0x36, 0xfb, 0x06, 0x23, 0x00,  
542 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0xba, 0x0c, 0xb6, 0xc7, 0x60, 0x0c, 0xf6,  
543 0xf9, 0x06, 0x23, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0xbb, 0x0d, 0x33,  
544 0xc7, 0x60, 0x0c, 0xf3, 0x18, 0x8e, 0x21, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24,  
545 0x04, 0x11, 0xf9, 0x31, 0xf6, 0x63, 0xf8, 0xb1, 0xf9, 0xfc, 0x20, 0x00,  
546 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0x01, 0xe1, 0x30, 0xf4, 0x63, 0xe0, 0x30,  
547 0xfb, 0x70, 0x20, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
548 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24,  
549 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x00,  
550 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
551 0x00, 0x00, 0x40, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x22, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
552 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x80, 0x21,  
553 0x04, 0x00, 0xfe,  
554 0xff, 0xff, 0x7f, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
555 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,  
556 0x00, 0x20,  
557 0x04, 0x00,  
558 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0xe4, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
559 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x27, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
560 0x00, 0x24,  
561 0x24, 0x00,  
562 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x63, 0x3c, 0x1e, 0x10, 0x00, 0xfc, 0x3e,  
563 0x9e, 0x31, 0x08, 0x00, 0x78, 0x8c, 0x01, 0x24, 0x24, 0x63, 0x7e, 0x3e,  
564 0x18, 0x00, 0xfc, 0x3e, 0xbf, 0x31, 0x0c, 0x00, 0xf8, 0x8c, 0x01, 0x24,  
565 0x24, 0x63, 0xc3, 0x66, 0x3c, 0x00, 0x0c, 0x06, 0xa3, 0x31, 0x0e, 0x00,  
566 0x18, 0x8d, 0x01, 0x24, 0x24, 0x7f, 0xc1, 0x66, 0x34, 0x00, 0x3c, 0xbe,  
567 0x81, 0x3f, 0x0a, 0x00, 0x18, 0xfd, 0x01, 0x24, 0x24, 0x7f, 0xc1, 0x3e,  
568 0x36, 0x00, 0x3c, 0xbe, 0x81, 0x3f, 0x1b, 0x00, 0xf8, 0xfc, 0x01, 0x24,  
569 0x24, 0x63, 0x43, 0x1e, 0x3e, 0x00, 0x0c, 0x86, 0xa1, 0x31, 0x1f, 0x00,  
570 0x78, 0x8c, 0x01, 0x24, 0x24, 0x63, 0x3e, 0x36, 0x33, 0x00, 0x0c, 0x3e,  
571 0xbf, 0xb1, 0x19, 0x00, 0x18, 0x8c, 0x01, 0x24, 0x24, 0x63, 0x1c, 0x66,  
572 0x61, 0x00, 0x0c, 0x3e, 0x9e, 0xb1, 0x30, 0x00, 0x18, 0x8c, 0x01, 0x24,  
573 0x24, 0x00,  
574 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
575 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
576 0x00, 0x24,  
577 0x24, 0x00,  
578 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
579 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
580 0x00, 0x24,  
581 0x24, 0x00,  
582 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
583 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,  
584 0x00, 0x24,  
585 0x24, 0x00, 0x00,

```

586 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
587 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
588 0x00, 0x24,
589 0x24, 0x00, 0x00,
590 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
591 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
592 0x00, 0x24,
593 0xe4, 0xff, 0xff,
594 0xff, 0xff, 0xff, 0x27, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
595 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
596 0x00, 0x20,
597 0x05, 0x00, 0x00,
598 0x00, 0x00, 0x00, 0xa0, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
599 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xbf, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
600 0x00, 0x80,
601 0x0f, 0x00, 0x00,
602 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0};
603
604 const uint8_t hmih[] U8X8_PROGMEM = { //Gráfico de Interfaz de Historial en Pixeles
605 0x0f, 0x00, 0x00,
606 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
607 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff,
608 0xff, 0xbf,
609 0x05, 0x00, 0x00,
610 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
611 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x20, 0xe4, 0xff, 0xff, 0xff,
612 0xff, 0x27,
613 0x24, 0x00, 0x00,
614 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x80, 0xb1, 0x1f, 0xcf, 0x8f,
615 0xc7, 0xe3, 0x07, 0x31, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x80,
616 0xb1, 0x9f, 0xdf, 0xcf, 0xcf, 0xe7, 0x87, 0x31, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24,
617 0x24, 0x00, 0x00, 0x80, 0x31, 0xc6, 0x10, 0x63, 0xd8, 0x8c, 0xc1, 0x31,
618 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x80, 0x3f, 0xc6, 0x0f, 0x23,
619 0xd8, 0x8c, 0x41, 0x31, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x80,
620 0x3f, 0x86, 0x1f, 0x23, 0xd8, 0x87, 0x61, 0x33, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24,
621 0x24, 0x00, 0x00, 0x80, 0x31, 0x46, 0x18, 0x63, 0xc8, 0x83, 0xe1, 0x33,
622 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x80, 0xb1, 0xdf, 0x1f, 0xc3,
623 0xc7, 0xe6, 0x37, 0xf3, 0x01, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x80,
624 0xb1, 0x9f, 0x0f, 0x83, 0xc3, 0xec, 0x17, 0xf6, 0x01, 0x00, 0x00, 0x24,
625 0x24, 0x00, 0x00,
626 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
627 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
628 0x00, 0x24,
629 0x24, 0x00, 0x00,
630 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,

```



```

676 | 0x00, 0x24,
677 | 0x24, 0x00, 0x00,
678 | 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
679 | 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00,
680 | 0x00, 0x24,
681 | 0x24, 0x00, 0x00,
682 | 0x00, 0x00, 0x00, 0x24, 0xe4, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
683 | 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x27, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00,
684 | 0x00, 0x20,
685 | 0x05, 0x00, 0x00,
686 | 0x00, 0x00, 0x00, 0xa0, 0xfd, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
687 | 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xbf, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
688 | 0x00, 0x80,
689 | 0x0f, 0x00, 0x00,
690 | 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0};
691
692 //GRAFICADORES
693 void PORTADA(void) { //Función para Graficar Interfaz de Portada
694     u8g2.drawXBMP( 0, 0, 128, 64, port); //Descripción del Tipo de Dato a Graficarse
695     u8g2.sendBuffer(); //Línea de Envío de Datos
696     delay(1000); //Pausa de 1 segundo
697 }
698
699 void HMIME(void) { //Función para Graficar Interfaz de Medidor
700     u8g2.drawXBMP( 0, 0, 128, 64, hmime); //Descripción del Tipo de Dato a Graficarse
701     u8g2.sendBuffer(); //Línea de Envío de Datos
702 }
703
704 void MOTI(void) { //Función para Graficar Interfaz de Monitoreo/Tiempo
705     u8g2.drawXBMP( 0, 0, 128, 64, moti); //Descripción del Tipo de Dato a Graficarse
706     u8g2.sendBuffer(); //Línea de Envío de Datos
707 }
708
709 void MONA(void) { //Función para Graficar Interfaz de Monitoreo/Nave
710     u8g2.drawXBMP( 0, 0, 128, 64, mona); //Descripción del Tipo de Dato a Graficarse
711     u8g2.sendBuffer(); //Línea de Envío de Datos
712 }
713
714 void MORO(void) { //Función para Graficar Interfaz de Monitoreo/Rosas
715     u8g2.drawXBMP( 0, 0, 128, 64, moro); //Descripción del Tipo de Dato a Graficarse
716     u8g2.sendBuffer(); //Línea de Envío de Datos
717 }
718
719 void HMIMO(void) { //Función para Graficar Interfaz de Monitoreo
720     u8g2.drawXBMP( 0, 0, 128, 64, hmimo); //Descripción del Tipo de Dato a Graficarse

```

```

721     u8g2.sendBuffer();           //Línea de Envío de Datos
722 }
723
724 void HMIH(void) {               //Función para Graficar Interfaz de Historial
725     u8g2.drawXBMP( 0, 0, 128, 64, hmih); //Descripción del Tipo de Dato a Graficarse
726     u8g2.sendBuffer();         //Línea de Envío de Datos
727 }
728
729 void setup() {
730     RTC.begin();                //Iniciar la Comunicación con el RTC
731     //RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); //Ajustar Reloj de Tiempo Real
732     //GLCD
733     u8g2.begin();               //Iniciar LCD 128x64
734     u8g2.setFontMode(1);        //Ajustar el Tipo de Fondo
735     u8g2.setDrawColor(1);      //Ajustar el Color
736     PORTADA();                 //Graficar Portada
737     //Botones
738     pinMode(BMo, INPUT);       //Asignar Entrada Digital para Monitoreo
739     pinMode(Na, INPUT);        //Asignar Entrada Digital para Navegar
740     pinMode(Se, INPUT);        //Asignar Entrada Digital para Seleccionar
741     pinMode(Se, INPUT);        //Asignar Entrada Digital para Historial
742     //Batería
743     pinMode(rojo, OUTPUT);      //Asignar Led Rojo
744     pinMode(verde, OUTPUT);     //Asignar Led Verde
745     pinMode(azul, OUTPUT);     //Asignar Led Azul
746     Serial.begin(9600);
747 }
748
749 void loop()
750 {
751     //Selector de Modos
752     BATERIA();                  //Porcentaje de Batería
753     MODO();                     //Selector de Modos
754 }
755
756 void BATERIA()
757 {
758     if(analogRead(A1) < 175 ) //Valor Menor a 175/1023 para % de Carga Crítica
759     {
760         analogWrite(rojo, 0); //Combinación de Led RGB para Tonalidad Roja
761         analogWrite(verde, 255);
762         analogWrite(azul, 255);
763         delay(100);
764         analogWrite(rojo, 255); //Parpadeo del Led
765         analogWrite(verde, 255);

```

```

766 analogWrite(azul, 255);
767 delay(100);
768 analogWrite(rojo, 0);
769 analogWrite(verde, 255);
770 analogWrite(azul, 255);
771 }
772 if(analogRead(A1) < 510 && analogRead(A1) > 175 ) //Valor Entre 175/1023 y 510/1023 para % de Carga Mínima
773 {
774     analogWrite(rojo, 0); //Combinación de Led RGB para Tonalidad Anaranja
775     analogWrite(verde, 175);
776     analogWrite(azul, 255);;
777 }
778 if(analogRead(A1) < 767 && analogRead(A1) > 510 ) //Valor Entre 510/1023 y 767/1023 para % de Carga Media
779 {
780     analogWrite(rojo, 0); //Combinación de Led RGB para Tonalidad Amarilla
781     analogWrite(verde, 100);
782     analogWrite(azul, 255);
783 }
784 if(analogRead(A1) > 767 ) //Valor Mayor a 767/1023 para % de Carga Máxima
785 {
786     analogWrite(rojo, 255); //Combinación de Led RGB para Tonalidad Verde
787     analogWrite(verde, 0);
788     analogWrite(azul, 255);
789 }
790 }
791
792 void MODO()
793 {
794     ///////////MODO MEDIDOR//////////
795     if (digitalRead(BMo) == 0 && digitalRead(BH) == 0) //Si los Pulsadores no se Activan se
796     { //Ejecuta el Modo Medidor por Defecto
797         PH(); //Se Ejecuta La Obtención del Valor de pH
798         CLOCK(); //Se Ejecuta La Obtención de la Hora y Fecha
799         MELCD(); //Se Ejecuta La Graficación de la Interfaz de Medidor
800         contagsd = 0; //Contador para los Registros de SD se Reinicia
801         ciclogsd = 0; //Contador para los Ciclos de SD se Reinicia
802         portMo = 0; //Activador de la Graficación de Monitoreo se Reinicia
803         portH = 0; //Activador de la Graficación de Historial se Reinicia
804         ST = 1; //Activador de la Graficación de Monitoreo/Tiempo se Reinicia
805         SN = 0; //Activador de la Graficación de Monitoreo/Nave se Reinicia
806         SR = 0; //Activador de la Graficación de Monitoreo/Rosas se Reinicia
807         SM = 0; //Activador de la Graficación de Monitoreo se Reinicia
808         lsdX = 9; //Coordenadas en X para Graficar la Lectura de SD
809         lsdY = 23; //Coordenadas en Y para Graficar la Lectura de SD
810         contalsd = 0; //Contador para las Lecturas de SD se Reinicia

```

```

811 }
812 ///////////////MODO MONITOREO//////////////////
813 if(digitalRead(BMo) == 1 && digitalRead(BH) == 0) //Si solo el Pulsador de Monitoreo se Activa
814 {
815     VSD(); //Comprobación de presencia de Micro SD
816     if(sd == 0){ //Si no hay Micro SD se Gráfica "NO MICRO-SD"
817         HMIMO(); //Gráfica Interfaz de Monitoreo
818         u8g2.setFont(u8g2_font_6x10_tf);
819         u8g2.setCursor(25,54);
820         u8g2.print("NO MICRO-SD");
821         u8g2.sendBuffer();
822     }else{
823         MOTIEMPO(); //Se Ejecuta la Selección del Tiempo
824         MONAVE(); //Se Ejecuta la Selección de la Nave
825         MOROSA(); //Se Ejecuta la Selección de la Rosa
826         MONITOREO(); //Se Ejecuta el Monitoreo
827     }
828 }
829 ///////////////MODO HISTORIAL//////////////////
830 if(digitalRead(BMo) == 0 && digitalRead(BH) == 1) //Si solo el Pulsador de Historial se Activa
831 {
832     if(portH == 0) //Graficar una Sola Vez la Interfaz de Historial
833     {
834         HMIH();
835         portH = 1;
836     }
837     LSD(); //Graficar los Datos de Historial
838 }
839 ///////////////TODO ACTIVADO//////////////////
840 if(digitalRead(BH) == 1 && digitalRead(BMo) == 1) //Si el Pulsador de Historial y Monitoreo se Activan
841 {
842     PORTADA(); //Graficar una Portada
843 }
844 }
845
846 void VSD() //Función de Verificación de Presencia de Micro SD
847 {
848     if (!SD.begin(53)){ //Si el Pin digital no se Activa
849         sd = 0; //Variable Indicador de SD es 0
850     }else{
851         sd = 1; //Sino Variable Indicador de SD es 1
852     }
853 }
854
855 void PH() //Función de Obtención de Valor de pH

```

```

856 {
857   for(int i=0;i<10;i++)           //Se Obtiene la Lectura del Pin Analogico
858   {                               //En un arreglo de 10 datos
859     Promedio[i]=analogRead(A0);
860     delay(30);
861   }
862   for(int i=0;i<9;i++)
863   {
864     for(int j=i+1;j<10;j++)
865     {
866       if(Promedio[i]>Promedio[j]) //Se realiza un promedio de los 10 Lecturas
867       {
868         Tempe=Promedio[i];
869         Promedio[i]=Promedio[j];
870         Promedio[j]=Tempe;
871       }
872     }
873   }
874   avgval=0;
875   for(int i=2;i<8;i++)           //Toma el promedio de 6 promedios
876   avgval+=Promedio[i];
877   float ph=(float)avgval*5.0/1024/6; //Convierte La lectura en Milivoltios
878   ph=3.5*ph;                     //Convierte en una Lectura en pH
879 }
880
881 void CLOCK()                     //Función de Obtención de Hora y Fecha
882 {
883   DateTime now = RTC.now();      //Obtener Hora y Fecha del Modulo
884   dia = now.day();               //Obtener Dias en Variable
885   mes = now.month();            //Obtener Mes en Variable
886   ano = now.year();             //Obtener Año en Variable
887   horas = now.hour();           //Obtener Horas en Variable
888   minutos = now.minute();       //Obtener Minutos en Variable
889   fecha = dia + "/" + mes + "/" + ano; //Obtener Cadena de Hora
890   hora = horas + ":" + minutos;  //Obtener Cadena de Fecha
891 }
892
893 void MELCD()                     //Función para Graficar Interfaz de Medidor
894 {
895   HMIME();                       //Graficar Interfaz de Medidor
896   u8g2.setFont(u8g2_font_6x10_tf); //Graficar Valores del Medidor
897   u8g2.setCursor(15,57);
898   u8g2.print(hora);
899   u8g2.setCursor(66,57);
900   u8g2.print(fecha);

```

```

901     u8g2.setFont(u8g2_font_luBS24_tn);
902     if(ph >= 10){
903         u8g2.setCursor(10,38);
904     }else{
905         u8g2.setCursor(25,38);
906     }
907     u8g2.print(ph);
908     u8g2.sendBuffer();
909     delay(1000);
910 }
911
912 void MOLCD() //Función para Graficar Interfaz de Monitoreo
913 {
914     HMIMO(); //Graficar Valores del Monitoreo
915     u8g2.setFont(u8g2_font_6x10_tf); //Graficar Valores del Monitoreo
916     u8g2.setCursor(8,54);
917     u8g2.print(hora);
918     u8g2.setCursor(42,54);
919     u8g2.print(fecha);
920     if(ph >= 10){
921         u8g2.setCursor(92,54);
922     }else{
923         u8g2.setCursor(98,54);
924     }
925     u8g2.print(ph);
926     u8g2.setFont(u8g2_font_lubB14_tn);
927     if(contagsd >= 10){
928         u8g2.setCursor(92,25);
929     }else{
930         u8g2.setCursor(97,25);
931     }
932     u8g2.print(contagsd);
933     u8g2.sendBuffer();
934     delay(500);
935 }
936
937 void GSD() //Función para Almacenar Lecturas
938 {
939     NombreA = t + n + r + ".csv"; //Obtener Cadena del Nombre del Archivo
940     datos = SD.open(NombreA , FILE_WRITE); //Abrir/Generar Archivo para Almacenar
941     datos.print(hora); //Almacenar Datos
942     hhora = hora; //Guardar Valor de Último Registro
943     datos.print(",");
944     datos.print(fecha);
945     hfecha = fecha;

```

```

946   datos.print(",");
947   datos.println(ph);
948   hph = ph;
949   datos.close(); //Cerrar Archivo para Almacenar
950 }
951
952 void LSD() //Función para Graficar Datos de Historial
953 {
954   u8g2.setFont(u8g2_font_6x10_tf); //Graficar Datos de Último Registro
955   u8g2.setCursor(21,26);
956   u8g2.print(t);
957   u8g2.setCursor(60,26);
958   u8g2.print(n);
959   u8g2.setCursor(100,26);
960   u8g2.print(z);
961   u8g2.setCursor(20,34);
962   u8g2.print("HORA");
963   u8g2.setCursor(72,34);
964   u8g2.print("FECHA");
965   u8g2.setCursor(40,52);
966   u8g2.print("PH");
967   u8g2.setCursor(17,42);
968   u8g2.print(hhora);
969   u8g2.setCursor(60,42);
970   u8g2.print(hfecha);
971   u8g2.setCursor(60,52);
972   u8g2.print(hph);
973   u8g2.sendBuffer();
974 }
975
976 void MOTIEMPO() //Función Selección de Tiempo de Muestreo
977 {
978   if(ST == 1) //Si Activador de Monitoreo/Tiempo hace
979   {
980     if (digitalRead(Na) == 1) //Si Pulsador de Navegación se Activa Suma 1
981     {
982       delay(100); //Pausa para Que la Activación se Cumpla
983       Sltiempo++; //Suma en 1 el Navegador de Tiempo
984       if(Sltiempo == 3){ //Si Navegador de Tiempo es Igual a 3 se Reinicia
985         Sltiempo = 0;
986       }
987     }
988
989     if(digitalRead(Se) == 1) //Si Pulsador de Selección se Activa
990     {

```

```

991     ST = 0; //Desabilita Monitoreo/Tiempo
992     SN = 1 ; //Habilita Monitoreo/Nave
993 }
994
995 if(Sltiempo == 0) //Navegador de Tiempo es 0
996 {
997     S2tiempo = "2 Mins"; //Se Imprime 2 mins
998     Tiempo = 10750; //Se Selecciona Cantidad de Ciclos
999     Contat = 23; //Se Selecciona Cantidad de Registros
1000    t = "2M"; //Se Selecciona Variable para el Nombre de Archivo
1001 }
1002 if(Sltiempo == 1)
1003 {
1004     S2tiempo = "5 Mins";
1005     Tiempo = 26875;
1006     Contat = 10;
1007     t = "5M";
1008 }
1009 if(Sltiempo == 2)
1010 {
1011     S2tiempo = "10 Mins";
1012     Tiempo = 107500;
1013     Contat = 5;
1014     t = "10M";
1015 }
1016
1017 MOTI(); //Se Grafica Interfaz Monitoreo/Tiempo
1018 u8g2.setFont(u8g2_font_ncenB12_te); //Se Grafica Datos de Monitoreo/Tiempo
1019 u8g2.setCursor(35,50);
1020 u8g2.print(S2tiempo);
1021 u8g2.sendBuffer();
1022 }
1023 }
1024
1025 void MONAVE() //Función Selección de Nave
1026 {
1027     if(SN == 1) //Si Activador de Monitoreo/Nave hace
1028     {
1029         if (digitalRead(Na) == 1) //Si Pulsador de Navegación se Activa Suma 1
1030         {
1031             delay(100); //Pausa para Que la Activación se Cumpla
1032             Slnave ++; //Suma en 1 el Navegador de Nave
1033             if(Slnave == 5){ //Si Navegador de Nave es Igual a 5 se Reinicia
1034                 Slnave = 0;
1035             }

```

```

1036     }
1037
1038     if(digitalRead(Se) == 1) //Si Pulsador de Selección se Activa
1039     {
1040         SN = 0; //Desabilita Monitoreo/Nave
1041         SR = 1; //Habilita Monitoreo/Rosa
1042     }
1043
1044     if(Slnave == 0) //Navegador de Nave es 0
1045     {
1046         Nave = "Nave 1"; //Se Imprime Nave 1
1047         n = "N1"; //Se Selecciona Variable para el Nombre de Archivo
1048     }
1049     if(Slnave == 1)
1050     {
1051         Nave = "Nave 2";
1052         n = "N2";
1053     }
1054     if(Slnave == 2)
1055     {
1056         Nave = "Nave 3";
1057         n = "N3";
1058     }
1059     if(Slnave == 3)
1060     {
1061         Nave = "Nave 4";
1062         n = "N4";
1063     }
1064     if(Slnave == 4)
1065     {
1066         Nave = "Nave 5";
1067         n = "N5";
1068     }
1069
1070     MONA(); //Se Grafica Interfaz Monitoreo/Nave
1071     u8g2.setFont(u8g2_font_ncenB12_te); //Se Grafica Datos Monitoreo/Nave
1072     u8g2.setCursor(35,50);
1073     u8g2.print(Nave);
1074     u8g2.sendBuffer();
1075 }
1076 }
1077
1078 void MOROSA() //Función Selección de Tipo de Rosa
1079 {
1080     if(SR == 1) //Si Activador de Monitoreo/Rosa hace

```

```

1081 {
1082   if (digitalRead(Na) == 1) //Si Pulsador de Navegación se Activa Suma 1
1083   {
1084     delay(100); //Pausa para Que la Activación se Cumpla
1085     Slrosa ++; //Suma en 1 el Navegador de Rosa
1086     if(Slrosa == 5){ //Si Navegador de Nave es Igual a 5 se Reinicia
1087       Slrosa = 0;
1088     }
1089   }
1090
1091   if(digitalRead(Se) == 1) //Si Pulsador de Selección se Activa
1092   {
1093     SR = 0; //Desabilita Monitoreo/Rosa
1094     SM = 1; //Habilita Monitoreo
1095   }
1096
1097   if(Slrosa == 0) //Navegador de Rosa es 0
1098   {
1099     Rosa = "Rosa Roja"; //Se Imprime Tipo de Rosa
1100     r = "RR"; //Se Selecciona Variable para el Nombre de Archivo
1101   }
1102   if(Slrosa == 1)
1103   {
1104     Rosa = "Rosa Blanca";
1105     r = "RB";
1106   }
1107   if(Slrosa == 2)
1108   {
1109     Rosa = "Rosa Rosada";
1110     r = "RO";
1111   }
1112   if(Slrosa == 3)
1113   {
1114     Rosa = "Rosa Tomate";
1115     r = "RT";
1116   }
1117   if(Slrosa == 4)
1118   {
1119     Rosa = "Rosa Azul";
1120     r = "RA";
1121   }
1122
1123   MORO(); //Se Grafica Interfaz Monitoreo/Rosa
1124   u8g2.setFont(u8g2_font_ncenB12_te); //Se Grafica Datos Monitoreo/Rosa
1125   u8g2.setCursor(15,50);

```

```

1126     u8g2.print(Rosa);
1127     u8g2.sendBuffer();
1128 }
1129 }
1130
1131 void MONITOREO() //Función de Monitoreo
1132 {
1133     if(SM == 1) //Si Activador de Monitoreo hace
1134     {
1135         if(portMo == 0) //Si Activador de Monitoreo es 0 hace
1136         {
1137             PH(); //Ejecuta Obtención de PH
1138             CLOCK(); //Ejecuta Hora y Fecha
1139             MOLCD(); //Ejecuta Graficación de Interfaz Monitoreo
1140             NombreA = t + n + r + ".csv"; //Obtiene Nombre de Archivo para Almacenar
1141             datos = SD.open( NombreA, FILE_WRITE); //Abrir/Crear Archivo para Almacenar
1142             datos.println(S2tiempo + ", " + Nave + ", " + Rosa); //Guarda Membrete
1143             datos.println("HORA, FECHA, PH"); //Guarda Tipos de Datos
1144             datos.close(); //Cierra Archivo para Almacenar
1145             portMo = 1; //Desactiva Activador de Monitoreo
1146             contagsd ++; //Suma en a Contador de Registros
1147         }
1148         if(ciclogsd == 25 && contagsd < Contat) //Si ciclos y contados son menores a valores seleccionados se ejecuta
1149         { //Tiempo de 2 mins 10750, Reemplazar por Tiempo
1150             PH(); //Ejecuta Obtención de PH
1151             CLOCK(); //Ejecuta Obtención Hora y Fecha
1152             GSD(); //Ejecuta Almacenamiento de Datos
1153             MOLCD(); //Ejecuta Graficación de Interfaz de Monitoreo
1154             contagsd ++; //Contador de Registros Suma en 1
1155             ciclogsd = 0; //Ciclos de Registros se Reinicia
1156         }else{
1157             ciclogsd ++; //Ciclos de Registro Suma en 1
1158         }
1159     }
1160 }
1161
1162 //CONEXIONES:
1163 // LCD 128x64: GND/GND-VCC/5V-RS/10-RW/9-E/8-PSB/GND-BLA/5V-BLK/GND
1164 // SD: GND/GND-VCC/5V-MISO/50-MOSI/51-SCK/52-SC/53
1165 // CLOCK: GND/GND-VCC/5V-SDA/20-SCL/21
1166 // PH: GND/GND-VCC/5V-DO/A0
1167 //BOTONES:
1168 // Monitoreo: 5V/INS/OUTS/1K/GND-OUTS/2
1169 // Historial: 5V/INS/OUTS/1K/GND-OUTS/11
1170 // Navegar: 5V/INS/OUTS/1K/GND-OUTS/3
1171 // Seleccionar: 5V/INS/OUTS/1K/GND-OUTS/4
1172 //RGB:
1173 // Red: 5/220/5V
1174 // Green: 6/220/5V
1175 // Blue: 7/220/5V
1176 //BATERÍA
1177 // A1

```

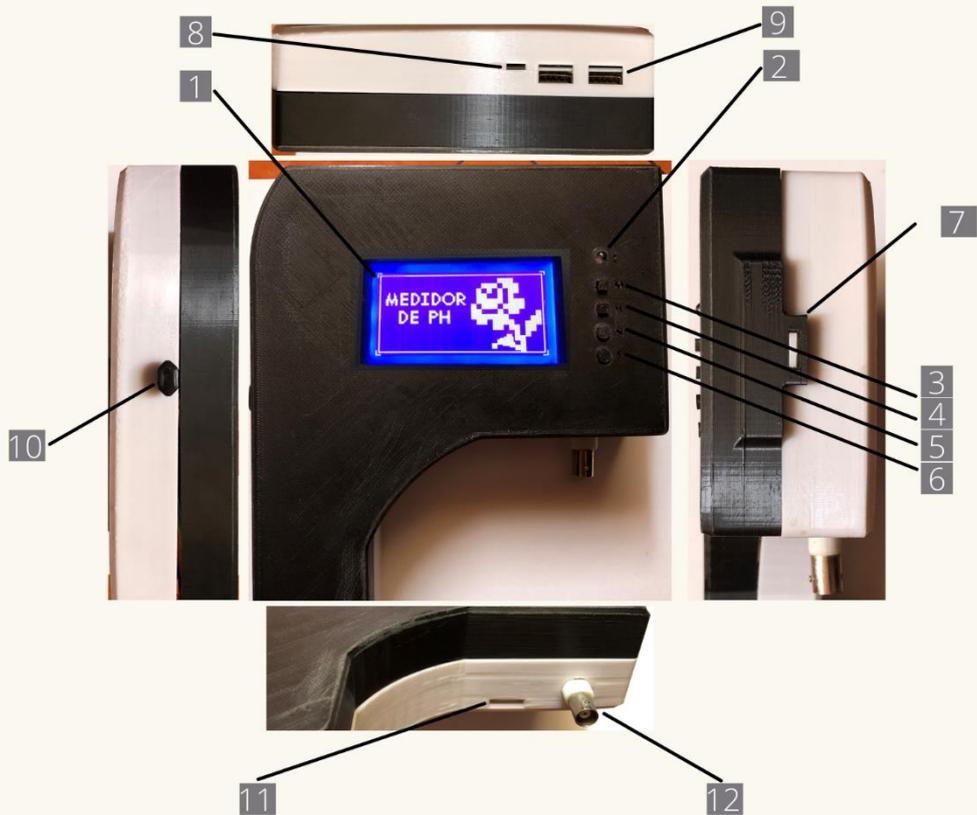
## MEDIDOR DE PH DEL SUELO



## MANUAL DE USUARIO Y MANTENIMIENTO



## MEDIDOR DE PH DEL SUELO DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO



- 1. Pantalla
- 2. Indicador de Carga Led
- 3. Botón M (Monitoreo)
- 4. Botón H (Historial)
- 5. Botón N (Navegación)
- 6. Botón S (Seleccionar)

- 7. Seguro Tipo Gancho
- 8. Puerto de Carga Micro USB
- 9. Carga de 5V USB
- 10. Botón de Encendido
- 11. Ranura para Micro SD
- 12. Conector BNC - Sensor PH

## MEDIDOR DE PH DEL SUELO DESCRIPCIÓN DE INTERFAZ MEDICIÓN



1. Diseño Minimalista del Modo Medición
2. Medición del Sensor de pH  
Unidad: pH del suelo
3. Hora de Medición  
Unidad: Hora (24H) : Minutos
4. Fecha de Medición  
Unidad: Día / Mes / Año

## USO DEL MODO MEDIDOR

### Paso 1: Encendido

- Conectar el sensor de pH en el conector BNC (12).
- Presionar una vez el botón lateral (10) para encender.
- Presionar una vez el botón lateral (10) para Apagar.

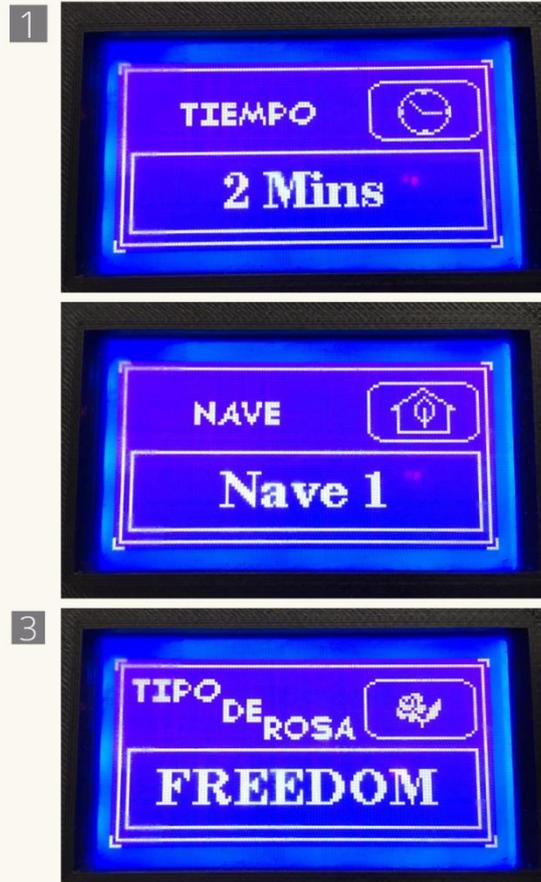
### Paso 2: Indicador de Carga

- Visualizar el led de Carga.
  - Rojo: Carga menor al 25%
  - Anaranjado: Carga entre 25% a 75%
  - Verde: Carga mayor al 75%

### Paso 3: Manejo

- Colocar el sensor de pH en contacto a la sustancia a medir.
- Visualizar las mediciones en la Interfaz.

## MEDIDOR DE PH DEL SUELO DESCRIPCIÓN DE INTERFAZ CONFIGURACIONES MONITOREO



1. Selección Periodo de Tiempo de Monitoreo  
2 Mins - 5 Mins - 10 Mins
2. Selección Nave de Monitoreo  
Nave 1 hasta Nave 6
3. Selección Tipo de Rosa para Monitoreo  
FREEDOM - PINK FLOYD - EXPLORER - MONDAL - IMPACT

## MEDIDOR DE PH DEL SUELO DESCRIPCIÓN DE INTERFAZ CONFIGURACIONES MONITOREO



1. Diseño Minimalista del Modo Monitoreo
2. Medición del Sensor de pH  
Unidad: pH del suelo
3. Hora de Medición  
Unidad: Hora (24H) : Minutos
4. Fecha de Medición  
Unidad: Día / Mes / Año
5. Contador de Registros
6. Mensaje por Falta de Micro SD

## USO DEL MODO MONITOREO

### Paso 1: Encendido

- Conectar el sensor de pH en el conector BNC (12).
- Presionar una vez el botón lateral (10) para encender.
- Presionar una vez el botón lateral (10) para Apagar.

### Paso 2: Indicador de Carga

- Visualizar el led de Carga.
  - Rojo: Carga menor al 25%
  - Anaranjado: Carga entre 25% a 75%
  - Verde: Carga mayor al 75%

### Paso 3: Manejo

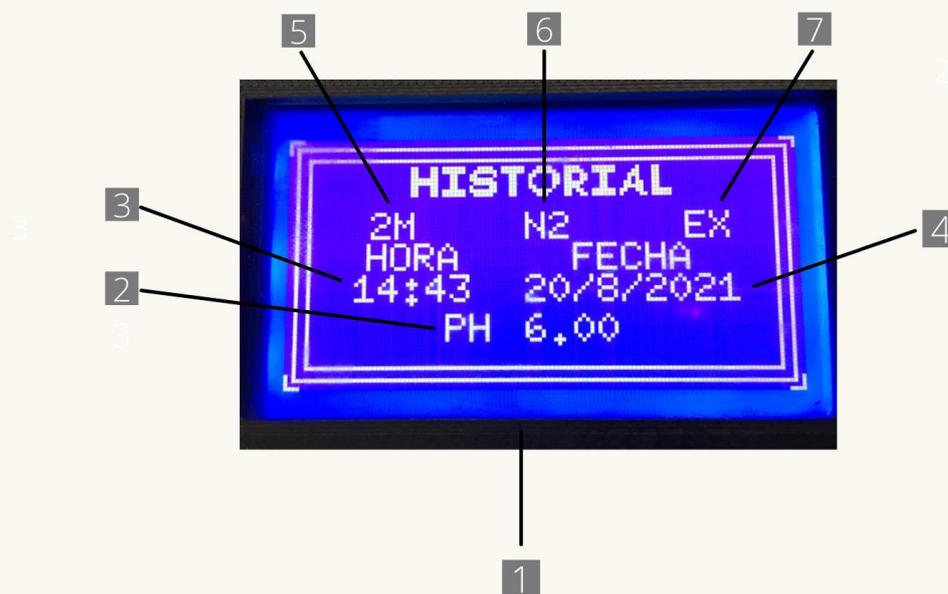
- Colocar el sensor de pH en contacto a la sustancia a medir.
- Ingresar una tarjeta Micro SD en la Ranura Micro SD (11).
- Click en el Botón M (3).
- Configurar el modo Monitoreo.
- Utilizar los Botones N (5) y S (6).
- Visualizar las mediciones en la Interfaz.



#### **PRECAUCIÓN**

En caso de no estar colocada la tarjeta Micro SD el sistema no le permitira ingresar a las configuraciones del modo Monitoreo y a su vez le presentara una interfaz con el mensaje de: "NO MICRO-SD".

## MEDIDOR DE PH DEL SUELO DESCRIPCIÓN DE INTERFAZ HISTORIAL



1. Diseño Minimalista del Modo Medición
2. Medición del Sensor de pH  
Unidad: pH del suelo
3. Hora de Medición  
Unidad: Hora (24H) : Minutos
4. Fecha de Medición  
Unidad: Día / Mes / Año
5. Caracter de Periodo de Tiempo
6. Caracter de Nave
7. Caracter de Tipo de Rosa

## USO DEL MODO MONITOREO

### Paso 1: Encendido

- Conectar el sensor de pH en el conector BNC (12).
- Presionar una vez el botón lateral (10) para encender.
- Presionar una vez el botón lateral (10) para Apagar.

### Paso 2: Indicador de Carga

- Visualizar el led de Carga.
  - Rojo: Carga menor al 25%
  - Anaranjado: Carga entre 25% a 75%
  - Verde: Carga mayor al 75%

### Paso 3: Manejo

- Estar colocada la tarjeta Micro SD en la Ranura Micro SD (11).
- Click en el Botón H (4)
- Visualizar el historial en la Interfaz.



#### **PRECAUCIÓN**

En caso de no estar colocada la tarjeta Micro SD el sistema no mostrará información alguna y a su vez le presentará una interfaz con el mensaje de: "NO MICRO-SD".

## CALIBRACIÓN

### Sensores

El sensor de pH debe sacarse de su tapa y colocarlo en la sustancia a medir o en el área del suelo a monitorear.

Para la limpieza se debe sumergir en agua limpia y menearlo ligeramente hasta encontrarse limpio.

No golpear, o lastimar el electrodo, en caso de ser así, el sensor dejara de funcional.

Para guardarlo se coloca la tapa en el sensor previamente limpiado.



#### PRECAUCIÓN

El sensor tiene un electrodo sensible que con caídas, rayones o ropturas el dispositivo dejará de funcionar correctamente.



#### PRECAUCIÓN

Para un proceso de calibración integral debe ser realizado por personal calificado.



#### RECOMENDACIÓN

Se recomienda la realización de un proceso de calibración integral cada mes.

Se recomienda la realización de un proceso de calibración integral cada tres meses.

## Anexo 10: Fotografías

**Figura 79** Selección de opciones del medidor



*Nota.* En la imagen se visualiza la manera de seleccionar los modos en el dispositivo.

**Figura 80** Calibración final del hardware del sensor de pH



*Nota.* En la imagen se visualiza el proceso de calibración del hardware de manera manual y el enlace mediante USB para la calibración por software.

**Figura 81** *Medición de pH del agua de cultivo por disolución de muestras de suelo en agua*



*Nota.* En la imagen se realiza la medición del pH del agua mediante el procedimiento de disolución en agua que se solía realizar mediante papeles de pH.

**Figura 82** *Ajustes finales en el software.*



*Nota.* En la imagen se visualiza la última programación del dispositivo.