

Sistema de monitorización de un acuario

Francisco Javier Arboledas Torres

Resumen—Con este trabajo de fin de grado se presenta el diseño de un sistema para monitorizar el estado de diferentes parámetros dentro de un acuario junto con la alimentación automática para este. Para poder monitorizar el estado y examinar la evolución de este sin la necesidad de estar presente, se ha desarrollado una aplicación móvil con la capacidad de almacenar y mostrar los datos mediante listados y gráficas para facilitar el análisis de estos.

Palabras clave—Acuario, microcontrolador, ARM, KL25Z, mbed, sistema operativo, temperatura, ph, lúmenes, alimentador automático, motor paso a paso, sensor, BH1750, LM35, aplicación móvil, Android.

Abstract—With this Final Thesis, the design of a system is presented to monitor the state of different parameters within an aquarium together with automatic feeding for this. In order to monitor the status and examine its evolution without the need to be present, a mobile application has been developed with the ability to store and display data through lists and graphs to facilitate their analysis.

Index Terms—Aquarium, Microcontroller, ARM, KL25Z, mbed, embedded System, temperature, ph, lumens, automatic feeder, stepper motor, sensor, BH1750, LM35, mobile application, Android.



1 INTRODUCCIÓN

Este documento tiene el objetivo de mostrar el diseño e implementación de un sistema de monitorización de acuarios el cual se encarga de obtener los valores de diferentes parámetros del acuario e informar al usuario sobre el estado actual de este. Para dar apoyo, se ha diseñado una aplicación móvil que proporcionará al usuario un historial de algunos parámetros con el fin de poder llevar un control a lo largo del tiempo.

Este documento cuenta con una primera parte donde se detalla la situación en el mercado actual de este tipo de sistemas. A continuación, se muestran los objetivos establecidos para este trabajo junto con la metodología y planificación que se seguirá para realizar este proyecto. Posteriormente se presentan los diferentes parámetros que pueden calcularse en un acuario junto con los seleccionados para llevar a cabo el seguimiento mediante el sistema físico. Seguidamente se comentan los diferentes componentes que forman el sistema junto con su correspondiente conexionado y funcionamiento individual seguido por el diseño y funcionamiento general del sistema. A continuación, se procederá a mostrar las diferentes funcionalidades proporcionadas por la aplicación móvil junto con los resultados un seguido de pruebas de Testing y QA realizadas a varios usuarios de diferentes edades destinadas a evaluar la aplicación, encontrando fallos y dotarla de nuevas funcionalidades que puedan ayudar a los

usuarios finales. Seguidamente se presentarán los resultados obtenidos de la creación de ambas partes junto con una reflexión de estos. Posteriormente se presentará un pequeño estudio de costes donde se evaluarán los costes finales del diseño de este sistema si fuese construido por una startup junto con el precio unitario del producto final. Para finalizar se presentarán unas conclusiones extraídas de la creación de este proyecto seguido por la bibliografía utilizada para llevar a cabo este trabajo.

2 CONTEXTUALIZACIÓN

Actualmente existen en el mercado dos grandes controladores de acuarios, Apex Neptune System de la empresa Neptune system [1] y la Unidad de control ACQ115 de la empresa Aquatronica [2]. El sistema Apex Neptune System tiene como puntos fuertes el control de temperatura y acidez del entorno, el control de las bombas del acuario y una aplicación móvil mediante la cual se es capaz de tener controlado el sistema en todo momento gracias a la conectividad WiFi con el sistema. Esta aplicación cuenta con una base de datos donde se almacenan las diferentes medidas tomadas junto con la posibilidad de poder crear gráficas para poder mantener un control más visual sobre el sistema. El precio de venta por unidad asciende a 400\$ por lo que puede llegar a ser un factor a tener en cuenta a la hora de escoger un sistema.

El sistema ACQ115 controla los mismos parámetros que el primero junto con otros nuevos como son la conductividad o el nivel del agua. A parte de este control, nos permite modificar el estado del agua simulando diferentes estados como mareas u ondas de cara a poder reproducir con la mayor exactitud posible el ecosistema origi-

- E-mail de contacto: arboledasjavier@gmail.com
- Mención realizada: Ingeniería de computadores
- Trabajo tutorizado por: Diego J. Mostaccio (departamento de Arquitectura de Computadores y Sistemas Operativos)
- Curso 2020/21

nal de las criaturas que habitan en él. El precio de este controlador es inferior al anterior, ascendiendo a 185€. Al proporcionar tantas funcionalidades es posible que la mayoría no acaben de ajustarse a todos los acuarios con lo que se estaría pagando por capacidades innecesarias.

3 OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es implementar un sistema de monitorización de acuarios con las funcionalidades básicas que puedan ajustarse a todo tipo de acuarios manteniendo un precio económico y diseñado con la visión de respetar al medio ambiente reduciendo el impacto que la fabricación y uso de este pueda tener. Junto a este, la creación de una aplicación móvil gracias a la cual el usuario puede llevar un historial de los datos de su acuario junto con la posibilidad de poder ejecutar test a distancia. Para ello este trabajo se divide en diez puntos que se presentan a continuación:

1. **Crear un comedero automático de peces:** Con este objetivo se pretende poder disponer de un mecanismo de alimento para los peces con la finalidad de poder proporcionarles alimento de manera fija independientemente de si el usuario pueda estar o no presente.
2. **Ejecutar un test individual según la necesidad del usuario en cualquier momento mediante el uso de pulsadores:** Gracias a esto, el usuario podrá comprobar en cualquier momento el estado de un determinado parámetro las veces que sea necesario sin la necesidad de tener que revisar el resto de los parámetros.
3. **Indicar mediante elementos lumínicos si hay algún problema en el acuario para facilitar visualmente el estado actual:** estos indicadores led proporcionarán un apoyo visual al usuario de manera que no hará falta que mire la pantalla para poder comprobar si el parámetro está correcto o hay que emprender acciones.
4. **Mantener las diferentes partes del sistema independientes de tal manera que si alguna parte falla sea fácilmente reparable y no haga falta adquirir otro sistema:** de esta manera el usuario final no requerirá de un alto conocimiento para desensamblar el sistema o la compra de otro nuevo, simplemente adquiriendo un nuevo sensor podrá volver a tener el sistema disponible de manera que se contribuye al medio ambiente reduciendo la cantidad de residuos generados y se le otorga la capacidad de reparación muy necesaria para los productos del futuro.
5. **Reducir el consumo del sistema durmiendo y despertando cuando sea necesario:** mediante la llamada a funciones sleep() se podrá ahorrar energía al sistema permitiendo alargar al máximo la vida útil de la batería contribuyendo al medio ambiente.
6. **Mantener el coste del sistema por debajo de los sistemas actuales:** mediante este objetivo se pretende reducir el precio respecto a los sistemas anteriores para poder ofrecer una versión más económica y con las funcionalidades base de un monitorizador de acuarios.
7. **Diseñar una app mediante la cual monitorizar el sistema a distancia:** esta aplicación nos permitirá llevar el mantenimiento sobre los diferentes parámetros desde cualquier lugar facilitando así el control de los datos obtenidos del acuario.
8. **Permitir ejecutar un test individual según la necesidad del usuario desde la aplicación:** Al poder realizar los test individuales igual que si se estuviese presentes con el sistema, nos facilitará poder llevar el control de un parámetro específico de los disponibles.
9. **Mantener un control sobre los datos obtenidos durante diferentes test con el fin de comparar resultados:** Este objetivo permitirá poder extraer conclusiones posteriores de manera que se pueda detectar posibles problemas en el entorno.
10. **Crear gráficas a partir de los datos almacenados:** Esto facilitará visualmente poder comprobar si se está llevando un correcto control de los parámetros o si por el contrario habría que tomar medidas.

4 METODOLOGÍA Y PLANIFICACI3N

Para llevar a cabo este trabajo se han empleado dos metodologías diferentes, una para la creación del sistema embebido y otra para el diseño e implementación de la aplicación móvil.

De cara a la creación del sistema de control físico se ha utilizado una metodología en espiral para su correcto desarrollo. Primero se han diseñado diagramas de flujo y de bloques para tener una idea sobre la cual trabajar y a continuación se ha aplicado la espiral para cada componente. Primero se ha analizado el manual e información referente al componente para poder establecer un esquema sobre su correcto funcionamiento de manera teórica seguido por algunas pruebas de tipo "Hello World" con el objetivo de poder verificar su funcionamiento práctico. Una vez conseguido esto, se ha procedido a calibrarlo si era necesario, junto con la estabilización del rango de valores basado en la información encontrada de cada parámetro. Una vez verificado el funcionamiento esperado para el componente mediante un seguido de pruebas unitarias, se ha insertado en el sistema de tal manera que este ha ido incrementándose progresivamente.

Paralelamente a la inserción de todos los componentes, se ha diseñado y creado la aplicación móvil utilizando la herramienta Android Studio. Para ello se ha seguido una metodología Waterfall mediante la cual se han ido desarrollando las diferentes funcionalidades del sistema. Primero se ha procedido a realizar un análisis del requisito junto con su relación con la base de datos. Una vez hecho

esto se ha implementado la funcionalidad en la aplicación general.

Para llevar a cabo todo esto, se han definido un seguido de tareas, recogidas en los anexos, las cuales han sido ordenadas en tres bloques, tareas de diseños, donde se han realizado todos los diseños y esquemas del sistema, tareas del sistema de control de acuarios donde se engloba todas las tareas relacionadas con la inserción de nuevos componentes y el desarrollo del programa principal y las tareas de la aplicación donde se han agrupado las tareas relacionadas con la aplicación, la base de datos y la conexión entre la aplicación y el sistema físico. Todas estas tareas se han colocado en un diagrama de Gantt distribuidas a lo largo del semestre.

5 PARÁMETROS

En un acuario hay un conjunto de parámetros [3] que se han de tener en cuenta de cara a realizar un correcto control sobre el ecosistema formado por las plantas y peces de manera que se pueda alargar al máximo y bajo unas condiciones aceptables las vidas de estos. Estos parámetros pueden ser la temperatura, la acidez del agua, los niveles de presencia de CO₂, O₂, Nitritos, nitratos y KH entre otros en el caso de los acuarios destinados a contener especies de agua dulce. En los acuarios enfocados a ejemplares de agua salada, se han de tener en cuenta otros parámetros como la conductividad junto con el nivel de sales marinas y las cloraminas. A parte de todos estos parámetros directos sobre el estado del agua en sí, hay que tener en cuenta otros parámetros secundarios como pueden ser la luz que se recibe en el fondo del acuario, la turbidez del agua, el nivel de agua presente en este o las fluctuaciones en el agua tales como la marea o las corrientes. Después de un análisis de componentes en el mercado junto con la importancia de cada parámetro, se ha decidido controlar los parámetros de temperatura, ph, nivel del agua y lúmenes en el fondo del acuario explicados con más detalle a continuación.

5.1 Temperatura

La temperatura es un factor muy importante en un acuario debido a que los peces son animales de sangre fría [4], es decir, su temperatura corporal depende totalmente de la temperatura de su entorno por lo que un cambio brusco en la temperatura del entorno puede producir en los peces un fuerte estrés el cual puede derivar en la aparición de algunas enfermedades incluso en la propia muerte del animal. Por otro lado, los cambios de temperatura también afectan a las plantas las cuales son las encargadas de mantenernos el ecosistema del entorno. Si la temperatura afecta a las plantas, el ecosistema se ve alterado y puede producir malestar entre los peces que puede derivar en enfermedades y su propia muerte.

Para peces tropicales se recomienda mantener la temperatura entre los 24 y 25 [5] grados centígrados como una temperatura óptima, aunque el rango apto para la vida sin problemas graves se sitúa entre los 21 y los 29 grados. Para los peces de aguas más frías el rango de temperatura va de los 15 a los 18 grados centígrados. Cabe destacar

que, según la especie de pez, ya sea de agua fría o agua más cálida, tienen unos rangos recomendados para su correcto desarrollo y reproducción de tal manera que se debería tener esto en cuenta. En vista de que los peces regulan la temperatura corporal mediante la temperatura ambiental, se deberá llevar un control y seguimiento especialmente elevado de este parámetro.

5.2 PH

El ph o potencial de hidrógeno hace referencia a la acidez presente en el agua necesaria para el correcto desarrollo de la vida en el acuario. Al igual que sucede con la temperatura, no existe un nivel de acidez único correcto para todas las especies acuáticas por lo que se deberá de tener en cuenta esto a la hora de seleccionar las especies y saber el rango de ph apto para su correcta salud. Este parámetro no hace falta revisarlo de manera frecuente como sucede con la temperatura, pero hay que tener especial cuidado al realizar cambios de agua o durante los primeros días del ecosistema debido a que los niveles de ph no se han acabado de ajustar y se producen variaciones con más facilidad.

5.3 Luminosidad

La luz [6][7] es un parámetro importante en el acuario puesto que la mayoría de especies viven en entornos donde la luz está presente en mayor o menor cantidad ya sea durante el día con la luz del sol o bien por la noche con la luminosidad reflejada por la luna por lo que al simular su ecosistema en el acuario se debe de tener en cuenta el hábitat donde viven de manera salvaje. Otro apunte importante sobre este factor es el patrón seguido a la hora de aportarles luz ya que una gran variación entre las franjas al día en que reciben luz puede llegar a variar su estado, estresándolos y haciendo que su alimentación o salud se vean alterados. Debido a esto, se ha de proporcionar una fuente luminosa adecuada sin sobre iluminarlos y siguiendo un patrón estable para que los peces no alteren su conducta.

En cuanto a las plantas, también necesitan que les llegue una cantidad de luz debido a que necesitan esta para poder realizar su proceso de fotosíntesis y contribuir a la oxigenación del agua. La luz también ayuda a regular la temperatura del agua tal y como sucede en la naturaleza siendo más elevada durante el día y más fría de noche. Lo aconsejable es mantener una relación de 10 a 20 lúmenes por cada litro de agua. Debido a la importancia de este factor, hay que mínimo revisarlo una vez al día para verificar que la luz instalada en el sistema funciona y llega con suficiente intensidad al fondo del acuario para el correcto desarrollo de nuestras plantas y peces. Debido a que el agua va frenando el avance de la luz, hace falta llevar un control en el fondo del acuario para verificar que la luz que llega es la que debería

5.4 Nivel de agua

El nivel del agua presente en el acuario es un factor secundario a tener en cuenta ya que, debido al proceso de la evaporación, se irá reduciendo la cantidad de agua presente. A parte de esto, el tener controlado este parámetro

nos permitirà identificar posibles fugas en el recipiente o, en el caso de acuarios con tapa abierta, identificar si se ha introducido algùn objeto en el agua debido al aumento del nivel. Con la finalidad de poder detectar a tiempo si existe alguna fuga, o bien, se ha introducido algùn objeto en el agua hay que tener controlado este paràmetro con una frecuencia elevada.

5.5 Cambio de agua

Los cambios de agua [8], pese a no ser un paràmetro en s, es un proceso importante a tener en cuenta en el entorno ya que gracias a estos se pueden rectificar algunos paràmetros como los Nitritos, Nitratos o la presencia de CO₂ en el agua debido a que las plantas pueden no ser capaces de consumir y nivelar estos paràmetros. Los cambios de agua tambièn nos ayudan a eliminar microorganismos que pueden llegar a producir enfermedades en los peces y plantas. Por ello se recomienda un cambio de agua con un rango de 7 a 15 d,as y cambiando entre el 25% y el 50% del volumen de agua.

6 COMPONENTES

Para poder controlar todos estos paràmetros y avisar al usuario de su estado, se necesita un seguido de componentes explicados a continuaci3n. En los anexos se puede encontrar el diagrama de clases del sistema junto con el diagrama del circuito.

6.1 Microcontrolador KL25Z

El microcontrolador es la parte m,as importante de este sistema. Para este proyecto se ha decidido de toda la gama de microcontroladores disponibles en el mercado, utilizar el microcontrolador KL25Z del fabricante NXP [9] debido a la experiencia previa con el uso de este microcontrolador y al hecho de que cuenta con todos los pins y buses necesarios para llevar a cabo este proyecto.

Esta placa cuenta con 66 pines de entrada/salida de prop3sito general, 2 puertos I2C, 2 puertos serial UART, un led RGB y un ADC de 16-bits entre otros componentes. El voltaje de operaci3n se sitúa entre los 1.7V a los 3.6V. Para trabajar con esta, se ha utilizado el IDE MBed en su formato Online.

6.2 Indicadores LED

Para cumplir con el objetivo de tener un soporte visual para ayudar con la visualizaci3n del estado actual del acuario, se ha activado el led RGB localizado en los puertos PTB18, PTB19 y PTD1 de la placa correspondiendo con los colores Rojo, Verde y Azul, inicializandolos al inicio del programa y activàndolos al realizar un test mediante los colores del semàforo mostrando el color Verde si el paràmetro esta dentro de un rango aceptable, amarillo si se esta acercando al m,aximo o m,ınimo del rango y el color rojo para indicar que esta fuera de los limites del rango siendo mayor o menor a este.

6.3 Pantalla LCD

Con la finalidad de mostrar al usuario tanto el estado actual del acuario como los diferentes test que se est,an

llevando a cabo, se ha conectado una pantalla LCD conectada mediante el bus I2C a los pines PTE1 y PTE0 de la placa.

Al inicio del sistema se muestra las comprobaciones iniciales realizadas sobre los diferentes sensores y seguidamente se va mostrando por la pantalla los diferentes test que se est,an llevando a cabo junto con el resultado final indicando si est,á todo correcto, si se est,á cerca del l,ımite o si se ha pasado y se debe corregir el estado de ese paràmetro.

6.4 Sensor nivel de agua

El sensor para controlar el nivel del agua del acuario es anal3gico y cuenta con 3 pines, 2 para alimentaci3n y un tercero mediante el cual nos manda la se,al anal3gica. Dicho sensor est,á dise,ado para trabajar en un entorno donde la temperatura oscile entre los 10 y los 30 grados cent,ıgrados, en el caso del acuario, la gran mayor,ıa de los peces que se pueden controlar tienen una temperatura de entorno localizada entre estos dos valores, y alimentado con un voltaje de 3V a 5V. El sensor est,á conectado al pin PTC1 correspondiendo con los pines de entrada anal3gica de la placa.

Al inicio del programa se realiza una comprobaci3n inicial para verificar que el sensor est,é conectado y operativo. Posteriormente se va utilizando para llevar a cabo el test de nivel del agua segùn lo pida el usuario mediante los test individuales o grupalmente con el test general. Con la finalidad de poder disponer de m,as de 1 sensor conectado del mismo tipo, se ha creado una clase llamada "Nivel" la cual contiene todas las operaciones que se ha de realizar con este sensor, la configuraci3n de entrada anal3gica con el pin donde estar,á localizado, la lectura de un valor obtenido por el sensor y la comprobaci3n del estado actual de dicho paràmetro devolviendo un valor indicàndonos el estado exacto en el momento de la muestra. Antes de unirlo al sistema final, se han realizado un seguido de pruebas unitarias para verificar el correcto funcionamiento para todos los casos posibles.

6.5 Sensor PH

El sensor para controlar el ph del entorno es anal3gico y cuenta con 6 pines diferentes de los cuales para este proyecto solamente se utilizan 4 de ellos, los de alimentaci3n junto con el pin que nos proporciona el valor del ph del entorno. Este sensor est,á dise,ado para trabajar en entornos con una temperatura de 10 a 50 grados cent,ıgrados y con un voltaje de 5V. El sensor est,á conectado al pin PTB1 de la placa.

Lo primero a realizar con este sensor fue la calibraci3n, para esto primero se cortocircuito el sensor para, mediante uno de los potenc,ımetros situados en la placa y con la ayuda de un volt,ımetro, ajustar el valor base a 2,5V de tal manera que el 7.0 coincida con este voltaje. Una vez hecho esto, mediante preparados de acidez, se procedi3 a tomar muestras con la finalidad de crear una ecuaci3n mediante la cual calcular el ph le,ıdo por el sensor. La ecuaci3n resultante de este proceso es la siguiente:

$$X = -3.958 * Voltios + 22.2168 \quad (1)$$

Al igual que con el sensor de nivel del agua, se ha creado una clase llamada "PH" la cual se encarga de configurar la entrada analógica, tomar una muestra del sensor y determinar si el valor obtenido está dentro del rango para un correcto ambiente. Al iniciar el sistema se realiza una primera toma para verificar que el sensor está operativo y posteriormente se va llamando conforme se necesita para pasar el test general o individual. De igual manera que con el sensor anterior, se han realizado un seguido de pruebas unitarias anteriores a su fusión con el sistema general para verificar el funcionamiento para todos los casos posibles.

6.6 Sensor Temperatura

El sensor para medir la temperatura del acuario es un sensor analógico y cuenta con 3 pines, 2 para proporcionar la alimentación y un tercero para transmitir la temperatura. El sensor está diseñado para operar en entornos con una temperatura comprendida en el rango de -55° a los 150° y funciona con voltajes localizados entre 4 y 30V. El sensor está conectado al pin PTB2 de la placa. Debido a problemas técnicos con el sensor original DS18B20 [10], se realizó un intercambio por el sensor de temperatura LM35 [11] el cual no viene impermeabilizado. Para poder medir las temperaturas, se ha procedido a impermeabilizar el sensor con el esqueleto del sensor original y un nuevo sellado de tal manera que, una vez realizado este paso, nos ha permitido tomar muestras bajo el agua con el nuevo sensor.

Igual que con los sensores anteriores, se ha creado una clase llamada "Temperatura" la cual configura la entrada analógica, toma una muestra del entorno y nos determina si el resultado medido se encuentra dentro de un rango de valores aceptable o, por el contrario, se debe de modificar la temperatura. Al iniciar el sistema se toma una primera muestra para verificar el correcto funcionamiento y posteriormente se va llamando según se requiera pasar el test general o el individual. Se han realizado un seguido de pruebas unitarias para todos los posibles casos antes de realizar su inserción en el sistema general.

6.7 Sensor Luz

El sensor BH1750 [12] es el encargado de realizar el control de lúmenes que nos llega al fondo del acuario utiliza el bus I2C para poder conectarse con el microcontrolador por lo que cuenta con 4 pins siendo 2 para la alimentación y los otros 2 para el uso del bus. El sensor está pensado para operar en entornos de -40 a 85° y nos permite calcular de 1 a 65535 lumens, funcionando con una alimentación de 4,5V. El sensor está conectado a los pins PTC9 y PTC8 de la placa.

Debido a que este sensor no puede utilizarse bajo el agua directamente, se ha procedido a crear una cúpula con una cubierta de metacrilato para permitir traspasar la luz hacia el sensor y protegerlo del agua exterior. Respecto a la conexión con la placa, se ha procedido a soldar el sensor a unos cables pasados a través de un tubo de goma sellado al contenedor mediante silicona termofusible para

poder llegar desde el fondo del acuario hasta la superficie donde se conecta al microcontrolador.

Este sensor se ha implementado en el sistema con la ayuda de una librería mediante la cual se realiza la toma de medidas con el sensor. Se han implementado las funciones para tomar una muestra y para poder evaluar el estado actual del sistema. Al igual que con los otros sensores, al iniciar el sistema se realiza una primera muestra para comprobar el funcionamiento y posteriormente se va llamando según se requiera controlar la luminosidad mediante el test general o el individual. Como con todos los sensores, se han realizado un seguido de pruebas unitarias tanto con la cúpula como sin ella para verificar su correcto funcionamiento.

6.8 Teclado 4X4

Para poder implementar los test individuales, se ha implementado un teclado matricial conectado a los pines PTC11, PTC10, PTC6, PTC5, PTC4, PTC3, PTC0 y PTC7 donde por cada número del 1 al 6 se ha asignado una funcionalidad diferente. El 1 corresponde con el control general de todos los parámetros del acuario, los números 2, 3, 4 y 5 corresponden con los test individuales de los diferentes parámetros siendo ph, temperatura, nivel del agua y la luminosidad respectivamente. Por último, el número 6 se ha asignado a la activación del comedero.

En un principio se iban a tratar de pulsadores, pero debido a algunas ideas que se propondrán como líneas de continuación y por practicidad, se han acabado implementando los test individuales mediante teclado matricial.

6.9 Motor paso a paso

Se ha creado un comedero automático conectando un motor paso a paso a unos engranajes los cuales accionan una broca diseñada para perforar madera debido a que las hendiduras son mayores, situada en una tolva donde está almacenada la comida del acuario. El movimiento de este hace que la comida se vaya desplazando por la broca hasta salir por un orificio situado encima del acuario.

Este motor está conectado a los pines, como entradas digitales, PTA2, PTA1, PTD4 y PTA12 desde donde recibe las señales para activarse una vez cada 24h o bien cada vez que se active mediante el dígito 6 del teclado.

6.10 Sensor Wifi

El sensor ESP8266 ESP-01 [13] es un sensor destinado a proporcionar la capacidad de establecer conexiones WiFi con otros dispositivos. Cuenta con 8 pines entre los que se encuentran los pines de alimentación y tierra, 1 pin de Reset, 2 pines de entrada/salida de propósito general, 2 pines para la transmisión y recepción de datos mediante el puerto serie y un puerto CH_PD para encender o apagar el sensor. Este sensor funciona con un voltaje de 3.3V con un máximo de 3.6V y la alimentación suministrada ha de ser superior a 200mA.

El WiFi utilizado está bajo el protocolo del IEEE 802.11b /g /n donde el 802.11b tiene un poder de transmisión/

sensitividad de recepci3n de +20dBm/-91dBm, el 802.11g de +17dBm/-75dBm y el 802.11n de +14dBm/-72dBm. El rango de frecuencia oscila entre los 2.4G y los 2.5G y utiliza para comunicarse el set de comandos AT.

7 FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del sistema es el siguiente, al encenderse se realizan un seguido de comprobaciones iniciales las cuales consisten en ir revisando uno por uno los diferentes sensores conectados realizando una lectura de datos con el fin de poder detectar si existe algùn problema en alguno y mostrar por pantalla el sensor que no funciona para poder ser revisado con m1s precisi3n. Si, por el contrario, se consigue obtener una lectura v1lida de cada sensor, se procede a inicializar los diferentes threads que componen el sistema, comenzando con un test general realizado por el primer thread. Debido a que ùnicamente se dispone de una pantalla LCD y un led RGB para mostrar toda la informaci3n generada por cada thread, se ha implementado un mutex donde los diferentes threads comprueban al inicio la disponibilidad de los recursos mediante este y si no est1n disponibles, se esperan para obtenerlos y poder mostrar su informaci3n a trav1s de los actuadores. Para gestionar las diferentes funcionalidades, se han creado un total de 4 threads con las funciones descritas a continuaci3n.

7.1 Thread 1

Se ha definido un primer thread donde despu1s de realizar la comprobaci3n del mutex, comenzar1 a realizar un test general pasando por cada uno de los sensores y mostrando, mediante la pantalla y el led RGB, los diferentes resultados obtenidos para cada uno. Este proceso se repetir1 cada 5 minutos debido a la necesidad de llevar un control elevado sobre alguno de los par1metros. Los resultados de los sensores de temperatura y acidez se ir1n almacenando en diferentes arrays de 12 posiciones, uno para cada sensor, con la finalidad de enviar los datos a la base de datos cada hora en vez de ir haciendo conexiones cada 5 minutos. Cuando se dispone de los 12 valores, se procede a realizar el env1o conect1ndose con la aplicaci3n e indic1ndolo mediante el led azul en el sistema. Una vez se ha terminado, se procede a apagar el led, limpiar la pantalla y liberar el mutex para que otro thread en caso de necesitarlo pueda realizar su tarea.

7.2 Thread 2

El segundo thread es el encargado de gestionar los test espec1ficos que quiera realizar el usuario. Para ello se encuentra escuchando la informaci3n transmitida mediante el teclado y cuando detecta que se ha pulsado una tecla v1lida (1 - 6) procede a verificar el estado del mutex. Cuando consigue el mutex, realiza la tarea requerida por el usuario y una vez ha finalizado, al igual que con el thread anterior, procede a limpiar la pantalla, apagar el led y liberar el mutex.

7.3 Thread 3

El tercer thread tiene la funci3n de controlar la alimentaci3n diaria de los peces. Para ello, cada 24h se env1an las

se1ales al motor paso a paso el cual activa todos los engranajes para realizar la correcta alimentaci3n.

7.4 Thread 4

El ùltimo thread es el encargado de gestionar todas las comunicaciones que vengan del exterior v1a el sensor ESP8266. Para ello proceder1 a escuchar la informaci3n transmitida a trav1s de la UART y cuando detecte la comunicaci3n identificar1 el nùmero de petici3n, el cual se trata de un car1cter enviado por la aplicaci3n indicando el tipo de test requerido por el usuario, con un comportamiento similar a como funciona el teclado, y responder1 enviando el valor detectado por el sensor solicitado o bien activar1 el comedero autom1tico.

8 APLICACI3N

Con la finalidad de poder controlar el estado del acuario desde cualquier lugar sin la necesidad de estar de manera presencial para poder observar la pantalla o indicar el test individual mediante el teclado y con el objetivo de llevar un control sobre los datos obtenidos a lo largo del tiempo para poder ver la evoluci3n del acuario, se ha desarrollado una aplicaci3n m3vil [14] la cual cuenta con un seguido de funciones para llevar a cabo esta tarea. La aplicaci3n cuenta con una base de datos compuesta por 5 tablas donde se van almacenando diferentes datos obtenidos del sistema y de la aplicaci3n.



Fig. 1. Pantalla inicial de la aplicaci3n con las diferentes opciones a seleccionar.

Como se puede observar en la Fig. 1., la pantalla de inicio de la aplicaci3n cuenta con 5 funcionalidades principales formadas por la lectura e historial de los diferentes resultados, un control de sensores, la activaci3n de la alimentaci3n o el control sobre los cambios de agua. En los anexos se muestra el diagrama de clases para la base de datos junto con el diagrama de casos de uso del usuario en la aplicaci3n. A continuaci3n, se detallan m1s en profundidad las funciones internas que ofrece cada secci3n.

8.1 Test individual

La primera de todas las opciones que nos permite realizar esta aplicaci3n es el control individual de los diferentes par1metros que componen el sistema. Para ello, al entrar en la opci3n nos muestra 4 botones donde cada uno hace referencia a un par1metro diferente diferenciando entre

los parámetros de temperatura y ph y los de nivel de agua y luz mediante el tamaño del botón.



Fig. 2. Ejemplo de resultado sobre el parámetro de temperatura.

Tal y como puede observarse en la Fig. 2., se muestra por pantalla el resultado obtenido del sensor junto con un pequeño mensaje donde se nos informa de la situación actual del parámetro dentro del entorno y si se debiese de emprender alguna acción para controlar esto. Al igual que con el sistema físico se puso el led para ayudar a transmitir la información, se han utilizado unas burbujas con los colores del semáforo para simular el funcionamiento del sistema. Cabe destacar que únicamente se mostrará el resultado exacto de la muestra para los parámetros de temperatura y ph puesto que posteriormente este valor, junto con la fecha de la muestra y el estado obtenido, se almacenan en dos tablas llamadas "Temperatura" y "PH" las cuales llevan un registro de todas las muestras con la finalidad de poder realizar un seguimiento sobre la evolución del acuario.

8.2 Sensores

Mediante esta opción se proporciona al usuario la posibilidad de llevar un control sobre los sensores disponibles en el sistema. Para ello la opción se divide en una primera función la cual posibilita la inserción de un nuevo sensor a la tabla "Sensores" introduciendo el nombre del sensor, la fecha de adquisición y la fecha de garantía. La segunda función permite consultar mediante un listado los sensores informados permitiendo así tener un control sobre los sensores disponibles y gracias al campo de garantía poder saber en todo momento si el dato que nos está leyendo el sensor es fiable o por el contrario se debería de sustituir el sensor por uno nuevo ya que los valores detectados pueden no ser del todo correctos.

8.3 Historial

La función de historial permite al usuario consultar la información obtenida de diferentes parámetros como la temperatura, la acidez, las activaciones del comedero automático o las fechas de los cambios de agua. Para los dos últimos parámetros se muestra el registro de las fechas en las cuales se produjeron las diferentes acciones mientras que para los dos primeros se muestra en el listado el valor del parámetro registrado, la fecha en la cual fue tomado y el estado que se registró. Estos listados nos

permiten seguir el flujo de valores que se han ido produciendo a lo largo del tiempo para poder evaluar si es necesario aplicar nuevas medidas para estabilizarlos o por el contrario se mantienen correctos. A parte de este listado, la temperatura y la acidez cuentan con la posibilidad de generar una gráfica con los datos para poder revisar de manera más ágil si el funcionamiento ha sido el correcto o ha habido algún error.

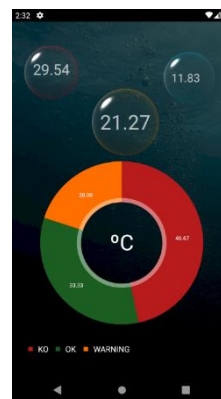


Fig. 3. Resumen de resultados almacenados mediante gráfica para el parámetro de temperatura.

Tal y como se muestra en la Fig. 3., la gráfica realiza un resumen visual del porcentaje total que se ha detectado en cada estado con el fin de poder evaluar si se está realizando un correcto mantenimiento. A parte de esta información se muestran el valor medio del parámetro junto con los valores extremos para poder observar el rango real entre el cual se encuentra el agua del acuario.

8.4 Comedero

Mediante esta opción se puede activar el comedero automático a distancia por si quisiese aumentar la cantidad de comida que se quiere suministrar a nuestra pecera. Para evitar posibles activaciones accidentales, se ha diseñado una verificación a parte mediante la cual se deberá de confirmar que se quiere activar la función. Si se decide activarla, se registrará en la base de datos la fecha en la cual se realizó la alimentación para poder revisarlo en el historial más tarde.

8.5 Cambio de agua

Por último, se encuentra la función de registrar los cambios de agua. Al igual que pasa con la función anterior, se ha creado una verificación para poder confirmar que se quiere registrar un cambio de agua. Esto permite al usuario poder llevar un control sobre los cambios de agua realizados para evitar sobrepasar el máximo de días sin cambiar el agua.

9 TESTING AND Q&A

Para conseguir una aplicación con un mínimo de calidad se ha procedido a realizar un seguido de pruebas mediante algunos voluntarios para verificar que la aplicación es amigable y detectar algunos errores junto con alguna

posible mejora. Después de realizar un seguido de pruebas, recogidas en el anexo, se pudo comprobar como todas las veces los usuarios consiguieron realizar las acciones requeridas sin mayor dificultad.

En cuanto a las sugerencias de mejora, se anotaron varias que posteriormente han sido añadidas a la aplicación. La primera y más importante ha sido la posibilidad de poder registrar los cambios de agua y llevar un control sobre estos debido a que es un factor importante a la hora de realizar el mantenimiento del agua. La segunda mejora importante aplicada ha sido la posibilidad de mostrar las medias junto con los mínimos y máximos detectados con el fin de poder observar el rango de valores reales bajo el cual se encuentra para poder determinar qué medidas se han de tomar. Por último, se agregó la mejora visual de los colores de las burbujas según el resultado de la lectura del parámetro para visualmente ver más rápido si todo está correcto o si hay algún peligro. También se han realizado algunos ajustes de tipografía y relocalización de botones.

10 RESULTADOS FINALES

Actualmente se dispone de un sistema capaz de medir los diferentes parámetros propuestos y mostrar los resultados vía la pantalla LCD. El sistema permite la posibilidad de pasar tests individuales sin necesidad de esperar 5 minutos al siguiente test general y se nos permite activar el alimentador de peces, a parte de la vez programada automáticamente cada 24 horas, las veces que el usuario quiera para poder alimentar de más la pecera, siempre bajo la responsabilidad del usuario. Por otro lado, se cuenta con la aplicación móvil la cual va generando valores aleatorios de los diferentes parámetros dentro del rango de valores disponible del sensor para poder simular la toma de valores y poder utilizar plenamente las otras funcionalidades. Gracias a las diferentes metodologías aplicadas se ha conseguido obtener el sistema y la aplicación testeadas y verificadas individualmente. A causa de un cambio en la planificación del proyecto, el tiempo final para dedicarlo al sensor ESP8266 no ha sido suficiente por lo cual, la comunicación entre las dos partes no ha podido realizarse. Esta nueva planificación fue causada por el gran tiempo que se tuvo que invertir en el aprendizaje del sensor de acidez debido a la falta de información acerca de su respectiva calibración y funcionamiento. Respecto a la temperatura, originalmente se iba a medir mediante el sensor DS18B20 pero por falta de conocimiento acerca del funcionamiento del sensor se tuvo que activar el plan de contingencia sustituyéndolo por el sensor LM35 y creando la cobertura suficiente para poder sumergirlo.

12 COSTES DEL PROYECTO

Con el fin de poder cumplir con el objetivo de proporcionar un sistema más económico que sus competidores se ha procedido a realizar un estudio donde se ha simulado realizar este proyecto como si se tratase de una pequeña startup de tal manera que se han tenido en cuenta varios

costes de diferentes tipos que esto conlleva. A continuación, se muestra una tabla resumen con el valor de los diferentes costes detectados.

TABLA 1
COSTES TOTALES DEL PROYECTO

Tipo de coste	Costes totales
Costes Directos	3.644,36 €
Costes Directos	955,50 €
Costes Generales	6.610,00 €
Otros Costes	400,00 €
Costes Calidad y Garantía	250,00 €
Documentación	1.775,70 €
Costes totales	13.635,56 €

Tabla contenedora del resultado final de los diferentes costes existentes dentro del proyecto.

Tal y como se puede observar en la tabla, los costes totales de la realización del proyecto ascienden a un total de 13.635,56€ para un único sistema. Debido a que se quiere conseguir un precio final inferior al más barato de los dos controladores presentados al inicio, y teniendo en cuenta que cada sistema tiene un coste de construcción de 66.36€, se deberán de vender un total de 164 sistemas a un precio de 150€ para conseguir el objetivo de recuperar lo invertido más un margen de beneficios del 15%. Cabe destacar que el precio ha sido calculado con la compra individual de cada componente, por lo que si se compran en packs podría verse reducido el número de sistemas totales para conseguir los objetivos de beneficios. En los anexos se encuentran especificadas mediante dos tablas el coste de cada material especificado y los factores que componen los diferentes tipos de costes mostrados en la tabla superior.

13 CONCLUSIONES

En este documento se han visto los diferentes componentes que forman el sistema junto con el funcionamiento de estos y el diseño de la aplicación móvil para poder monitorizar el acuario desde cualquier lugar. Analizando los objetivos propuestos al inicio del trabajo, se han logrado cumplir la gran mayoría a falta del objetivo 7 el cual no ha sido logrado del todo debido al problema encontrado con el sensor de WiFi.

Respecto a la metodología propuesta, se ha logrado utilizarla sin necesidad de realizar cambios en su estructura. La planificación ha sufrido un único cambio a lo largo del trabajo debido a la falta de información encontrada para uno de los sensores por lo que en general ha estado bien dimensionada con la carga de trabajo.

Respecto al IDE utilizado, originalmente iban a utilizarse el entorno de MCUXPresso pero debido a diferentes fallos encontrados a la hora de detectar la placa dentro del entorno se decidió aplicar el plan de contingencia para el cambio de IDE a MBed donde se disponía de experiencia previa.

En cuanto a los resultados mostrados, se ha logrado diseñar y crear exitosamente los dos componentes que forman este trabajo por separado gracias a la planificación de planes de contingencia para algunas fases y componentes del proyecto como ha sido para el sensor de temperatura

o el cambio de IDE.

Personalmente me siento satisfecho con el trabajo realizado debido a la correcta creación individual de los dos sistemas y a la respuesta resolutoria delante de la mayoría de los problemas encontrados durante el desarrollo. He adquirido nuevas aptitudes como el desarrollo de aplicaciones Android, debido a que nunca había creado ninguna, o el diseño y funcionamiento de varios de los sensores utilizados.

Por último, quiero destacar el hecho de que se ha logrado crear un sistema respetuoso con el medio ambiente con la capacidad de ahorrar energía y poder ser reparado o incluso actualizado físicamente sin la necesidad de adquirir un nuevo dispositivo y desechar el anterior contribuyendo así a la ingeniería del futuro.

14 LÍNEAS DE CONTINUACIÓN

A continuación, se muestran posibles líneas de continuación para este proyecto:

- La primera y más importante es la correcta comunicación entre el sistema y la aplicación móvil utilizada. Se debería de explorar más a fondo el funcionamiento de este sensor o bien buscar en el mercado otros que nos proporcionen la misma funcionalidad.
- Una segunda línea pasaría por hacer más amigable el uso de la pantalla LCD. Actualmente en el mercado existen pantallas más grandes y amigables a la vista mediante las cuales se podría mejorar visualmente el control del sistema incluso monitorizar a tiempo real el valor de la temperatura para poder llevar un control más constante de esta.
- Debido a que los usuarios pueden adquirir especies que necesiten unas condiciones específicas de ecosistema, y con este miramiento se sustituyeron los pulsadores por el teclado matricial, se podría permitir al usuario mediante las teclas especiales que aún no disponen de ninguna funcionalidad, customizar los rangos de valores para poder ajustarse con mayor precisión a sus necesidades. Si el usuario quisiera volver a los valores por defecto, se debería de utilizar otro botón para esto. Mediante el uso de la nueva pantalla podría ser más amigable para el usuario.
- Al existir más parámetros dentro de un acuario, se podría investigar nuevas formas para poder controlar estos como pueden ser los nitratos, los nitritos o la conductividad.
- Una siguiente evolución de este tipo de sistema sería la posibilidad de activar automáticamente soluciones para los problemas detectados por los sensores como, por ejemplo, controlar el encendido de la luz del acuario o activar el termostato cuando el agua esté demasiado fría hasta que efectúe una lectura correcta.
- La base de datos podría almacenarse en el

cloud para no gastar memoria del dispositivo móvil del usuario.

- Para la aplicación, podrían diseñarse nuevas funcionalidades o modos de expresar la información para poder otorgar mayor flexibilidad al usuario a la hora de revisar los diferentes datos.
- Gracias al uso de objetos dentro del código, los sistemas podrían customizarse permitiendo al usuario decidir qué sensor quiere utilizar y si quiere utilizar varios de un mismo equipo para controlar el estado de diferentes acuarios.

AGRADECIMIENTOS

Primero de todo agradecer a mi tutor Diego J Mostaccio todo el apoyo proporcionado a lo largo del trabajo ya que con cada reunión las ideas y motivaciones aumentaban. También agradecer a toda mi familia y amigos por el apoyo dado a lo largo de la carrera y en especial a una persona que me ha ayudado a aprender mucho a lo largo de este proyecto y el motivo por el cual este proyecto ha sido bautizado como Sistema Ashura.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Neptune Systems. OUR ORIGINAL AQUARIUM CONTROLLER.. Accedido: 12 de febrero de 2021. [online]. Disponible: <https://www.neptunesystems.com/products/apex-controllers/apex-controller-system/>
- [2] Cetamar. Unidad de Control ACQ115. Accedido: 12 de febrero de 2021. [online]. Disponible: <https://www.cetamar.com/es/equipos-electronicos/1270-unidad-de-control-acq115-aquatronica.html>
- [3] ESPECIESPRO. Lo que hay que saber para mantener la calidad del agua en los acuarios. 2017. Accedido: 22 de marzo de 2021. [online]. Disponible: <https://especiespro.es/acuariofilia-2/calidad-del-agua-en-los-acuarios/>
- [4] Tiendanimal. Control de la Temperatura en un Acuario. Accedido: 22 de febrero de 2021. [online]. Disponible: <https://www.tiendanimal.es/articulos/control-de-la-temperatura-en-un-acuario/>
- [5] Animalear. ¿Cuál es la mejor temperatura para mi acuario?. Accedido: 22 de febrero de 2021. [online]. 2015. Disponible: <https://animalear.com/b/cual-es-la-mejor-temperatura-para-mi-acuario>
- [6] Mascotasplanet. Como iluminar el acuario correctamente. Accedido: 23 de marzo de 2021. [online]. Disponible: <https://www.mascotasplanet.com/blog/como-iluminar-el-acuario-correctamente-n3775#:~:text=El%20acuario%20durante%20el%20d%C3%ADa,ecosistema%20sano%20en%20la%20pecera%2C>
- [7] efectoLED. ¿Cómo iluminar un acuario?. Accedido: 10 de mayo de 2021. [online]. Disponible: <https://www.efectoled.com/blog/es/como-iluminar-un-acuario/>
- [8] AquariumBlog. La importancia de los cambios de agua en el acuario. Accedido: 24 de mayo de 2021. [online]. <https://www.aquariumblog.es/cambios-de-agua-acuario/>
- [9] NXP. FRDM-KL25Z: Freedom Development Platform for Kinetis® KL14, KL15, KL24, KL25 MCUs. Accedido: 18 de febrero de 2021. [online]. Disponible: <https://www.nxp.com/design/development-boards/freedom-development-boards/mcu-boards/freedom-development-platform-for-kinetis-kl14-kl15-kl24-kl25->

mcus:FRDM-KL25Z

- [10] Maxim Integrated Products, "Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer", DS1820 datasheet. Accedido: 15 de febrero de 2021. [online]. 2019. Disponible: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [11] Texas instruments, "Precision Centigrade Temperature Sensors", LM35 datasheet. Accedido: 12 de mayo de 2021. [online]. Disponible: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [12] ROHM Co, "Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC", BH1750 datasheet. Accedido: 16 de febrero de 2021 [online]. 2014. Disponible: <https://www.mouser.com/datasheet/2/348/bh1750fvi-e-186247.pdf>
- [13] Espressif, "ESP8266EX", ESP8266 datasheet.. Accedido: 14 de abril de 2021. [online]. Disponible: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf
- [14] Andoid Dvelopers. C3mo crear tu primera app. Accedido: 10 de marzo de 2021. [online]. Disponible: <https://developer.android.com/training/basics/firstapp?hl=es-419>

Anexos

A1. PRUEBAS TESTING APLICACIÓN

1. Realizar el test de los parámetros de temperatura y nivel del agua.
2. Dar de alta el sensor "PH1" adquirido el día 10/05/2021 con una garantía de 3 años
3. Realizar un cambio de agua
4. Mostrar el listado de sensores
5. Realizar varias pruebas para el parámetro ph
6. Mostrar el listado y gráfica del parámetro ph
7. Entrar en la activación del alimentador pero no realizarlo.
8. Realizar una prueba propuesta por el usuario para comprobar si entiende el funcionamiento y distribución.
9. Propuestas de mejora de la aplicación

A2. COSTES DEL SISTEMA

TABLA 2
COSTES TOTALES DEL PROYECTO

Costes Directos	Coste hora	Horas proyecto	Coste total
Sueldo	10	300	3.000,00 €
Seguridad Social	-	-	368,00 €
Impuesto IRPF	-	-	210,00 €
Materiales	-	-	66,36 €
Costes totales	-	-	3.644,36 €

Costes Directos	Coste hora	Horas proyecto	Coste total
Compra Hardware	-	-	900,00 €
Gastos electricidad	0,25 / 0,12	150 / 150	55,50 €
Costes totales	-	-	955,50 €

Los gastos de electricidad se calculan en base a las franjas horarias teniendo al día 4h en zona alta y 4h en zona media

Costes Generales	Coste hora	Horas proyecto	Coste total
Alquiler	20	300	6.000,00 €
Mobiliario	-	-	400,00 €
Gastos bancarios	-	-	210,00 €
Impuestos varios	-	-	0,00 €
Costes totales	-	-	6.610,00 €

Otros Costes	Coste hora	Horas proyecto	Coste total
Publicidad	-	-	100,00 €
Documentación	-	-	50,00 €
Gestoría	-	-	250,00 €
Costes totales	-	-	400,00 €

Costes Calidad y Garantía	Coste hora	Horas proyecto	Coste total
Costes periodo garantía	-	-	100,00 €
Certificaciones	-	-	150,00 €
Costes totales	-	-	250,00 €

Margen de Beneficios	Margen %	Horas proyecto	Coste total
Margen de beneficios	15	300	1.775,70 €
Costes totales	-	300	13.613,72 €

Tablas contenedoras de los diferentes tipos de costes junto con sus componentes y el margen de beneficios como objetivo.

A3. COSTES MATERIALES DEL SISTEMA

TABLA 3
COSTES TOTALES DE MATERIALES

Material	Costes
KL25Z	17,52 €
Pantalla LCD	1,89 €
Teclado matricial	1,39 €
Sensor nivel agua	1,00 €
Sensor PH	24,72 €
Sensor BH1780	1,36 €
Sensor LM35	1,69 €
Sensor ESP8266	2,45 €
Cableado	1,95 €
Batería	2,39 €
Material construcción	10,00 €
TOTAL	66,36 €

Tabla contenedora de los costes totales de los diferentes materiales que forman el sistema.

A4. TAREAS DE DISEÑO

TABLA 4
TAREAS DE DISEÑO

Tarea	Fecha de entrega
Diseño de diagrama de bloques	19/03/2021
Diseño de diagrama de flujo	19/03/2021
Diseño físico del sistema	31/05/2021

Tabla contenedora de las tareas relacionadas con el diseño del sistema.

A5. TAREAS DEL SISTEMA

TABLA 5
TAREAS DEL SISTEMA

Tarea	Fecha de entrega
Prueba "Hello World" con MCUxpresso	19/03/2021
Prueba "Hello World" de entrada con MCUxpresso	19/03/2021
Prueba inicial Sensor nivel de agua	11/04/2021
Calibración sensor Nivel de agua	25/04/2021
Evolución sistema con Sensor Nivel de agua	25/04/2021
Prueba inicial Sensor de temperatura	01/05/2021
Calibración Sensor de temperatura	07/05/2021
Evolución sistema con Sensor de temperatura	07/05/2021
Prueba inicial Sensor de luz	14/05/2021
Calibración Sensor de luz	19/05/2021
Evolución sistema con Sensor de luz	19/05/2021
Prueba inicial comedero automático	15/04/2021
Calibración comedero automático	20/04/2021
Evolución sistema con comedero automático	20/04/2021
Prueba inicial pantalla lcd	11/04/2021
Calibración pantalla lcd	20/04/2021
Evolución sistema con pantalla lcd	20/04/2021
Prueba inicial pulsadores	06/05/2021
Evolución sistema con pulsadores	07/05/2021
Prueba inicial leds	19/03/2021
Evolución sistema con leds	23/03/2021
Prueba inicial Sensor de acidez	26/05/2021
Calibración Sensor de acidez	28/05/2021
Evolución sistema con Sensor de acidez	29/05/2021
Construcción del sistema	16/06/2021
Pruebas conjuntas	16/06/2021

Tabla contenedora de las tareas relacionadas con el desarrollo del sistema.

A6. TAREAS DE LA APLICACI3N

TABLA 6
TAREAS DE LA APLICACI3N

Tarea	Fecha de entrega
Diseño de la aplicaci3n	15/05/2021
Conexi3n con el sistema	16/06/2021
Diseño de la BBDD	15/05/2021
Almacenamiento de los datos obtenidos	20/05/2021
Creaci3n de gràficas	14/06/2021

Tabla contenedora de las tareas relacionadas con el desarrollo de la aplicaci3n.

A7. DIAGRAMA BASE DE DATOS



Fig. 4. Diagrama de la base de datos del sistema.

A8. CASOS DE USO APLICACI3N

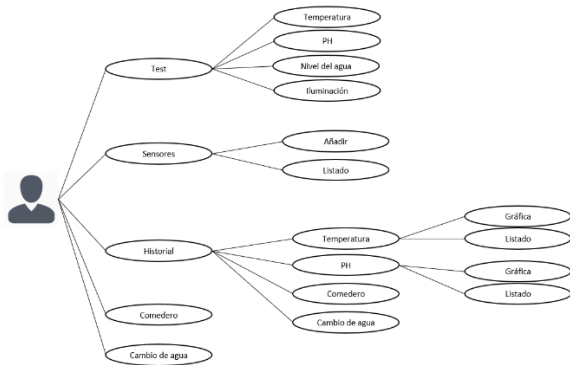


Fig. 5. Casos de uso que se pueden producir en la aplicaci3n.

A9. DIAGRAMA DE CLASES

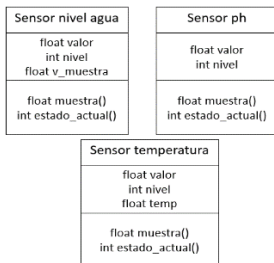


Fig. 6. Diagrama con las clases creadas para el uso de varios sensores

A10. DIAGRAMA DEL CIRCUITO

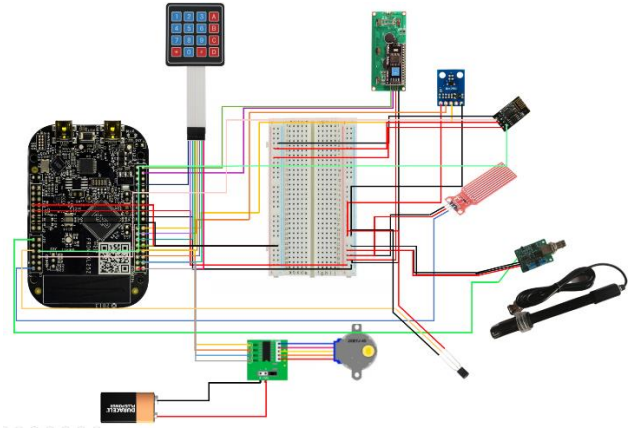


Fig. 7. Diagrama con las diferentes conexiones necesarias para funcionar el sistema.