

**38. SOLUCIÓN INFORMÁTICA, EN  
AMBIENTE WEB, COMO APOYO A LA  
GESTIÓN Y CONTROL DE UN LABORATORIO  
DE ACUAPONÍA DE UNA UNIVERSIDAD  
COLOMBIANA**

**IT SOLUTION, IN A WEB ENVIRONMENT, TO  
SUPPORT THE MANAGEMENT AND  
CONTROL OF AN AQUAPONICS  
LABORATORY AT A COLOMBIAN  
UNIVERSITY**

*Ana Sofia Lopera Riveros<sup>66</sup>, Frank Sebastian Naranjo Castillo<sup>67</sup>, Francisco Alfonso Lanza  
Rodriguez<sup>68</sup>*

**Fecha recibido:** 24/ 05/ 2022

**Fecha aprobado:** 25/ 06/ 2022

**Derivado del proyecto:** *Aplicativo web como apoyo a la gestión y control del laboratorio  
“LESTOMA” de la Universidad de Cundinamarca*

**Institución financiadora:** *Universidad de Cundinamarca*

**Pares evaluadores:** *Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.*

---

<sup>66</sup> *Ingeniera de Sistemas, Universidad de Cundinamarca, Estudiante, Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: aslopera@ucundinamarca.edu.co.*

<sup>67</sup> *Ingeniero de Sistemas, Universidad de Cundinamarca, Estudiante, Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: fnarano@ucundinamarca.edu.co.*

<sup>68</sup> *Ingeniero de sistemas, Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Maestría en Direccionamiento de TIC con énfasis en desarrollo de software, UNINI-Puerto Rico, Docente Investigador, Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: flanza@ucundinamarca.edu.co.*

## RESUMEN

La administración de sistemas acuapónicos implica hacer seguimiento y control, en tiempo real, de las diferentes variables que se manejan al interior de sus procesos, lo cual permite, además, desarrollar procesos investigativos con base en la trazabilidad que se puede hacer a los datos obtenidos. Debido a esto, surge como necesidad el desarrollo de un aplicativo web que facilite la interconexión y comunicación virtual entre cada uno de los elementos de hardware y software que constituyen el Laboratorio Experimental de Sistemas Tecnológicos Orientados a Modelos Acuapónicos “LESTOMA” de la Universidad de Cundinamarca.

El presente trabajo tiene como propósito mostrar la propuesta de desarrollo de un aplicativo web para el apoyo a la gestión y control de un laboratorio de acuaponía, dicha propuesta tecnológica fue elaborada mediante un proceso investigativo que inicio con la construcción del estado del arte, el cual permitió identificar características técnicas y funcionales de soluciones tecnológicas semejantes a la planteada en el presente proyecto y que sirvieron como referencia para garantizar la innovación del mismo, seguidamente, se determinaron los requisitos funcionales y técnicos a través de visitas de campo al laboratorio, posteriormente, para el proceso de modelado se elaboraron diagramas UML, que permitieron representar cada una de las dimensiones del software. Asimismo, para la gestión del proceso de desarrollo se utilizaron elementos de la metodología ágil y herramientas de programación como .NET Framework y Angular.

**PALABRAS CLAVE:** *Acuaponía, Hardware, Sistema informático, Software, Web.*

## **ABSTRACT**

The administration of aquaponic systems involves monitoring and control, in real time, of the different variables that are managed within their processes, which also allows the development of research processes based on the traceability that can be made to the data obtained. Due to this, the development of a web application that facilitates the interconnection and virtual communication between each of the hardware and software elements that constitute the Experimental Laboratory of Technological Systems Oriented to Aquaponic Models "LESTOMA" of the University of Cundinamarca is a necessity.

The purpose of this work is to show the proposal for the development of a web application to support the management and control of an aquaponics laboratory. This technological proposal was elaborated through a research process that began with the construction of the state of the art, which allowed the identification of technical and functional characteristics of technological solutions similar to the one proposed in this project and which served as a reference to guarantee the innovation of the same, then, the functional and technical requirements were determined through field visits to the laboratory, subsequently, for the modelling process UML diagrams were developed, which allowed the representation of each of the dimensions of the software. Likewise, elements of the agile methodology and programming tools such as the .NET Framework and Angular were used to manage the development process.

**KEYWORDS:** *Aquaponics, Hardware, Computer system, Software, Web.*

## INTRODUCCIÓN

Se le denomina acuaponía a un sistema cerrado en donde su principal objetivo corresponde a la obtención de alimentos frescos con la menor cantidad de recursos posibles, para llegar a ello es necesario la integración de dos técnicas de producción agrícola: la acuicultura, que corresponde al cultivo de organismos acuáticos como peces, crustáceos o moluscos; y la hidroponía que es un sistema de producción en donde se cultivan plantas en un ambiente simbiótico. La combinación de las técnicas mencionadas crea una sinergia en todo el sistema, ya que los nutrientes que consumirán las plantas serán suministrados por los desechos producidos por los peces, y en este caso el trabajo que realizaran las plantas en el sistema corresponde a limpiar el agua filtrándola.

La evolución tecnológica es importante para los cultivos acuapónicos, los productos del avance tecnológico han brindado a la humanidad diferentes herramientas que al ser implementadas y usadas en los diferentes sistemas permiten reducir el grado de complejidad de algunas tareas y realizar una mejor trazabilidad de la información. Por ejemplo, la implementación de un software que brinde control y gestión de manera automatizada en un sistema favorece al desarrollo del mismo, gracias a la interpretación de la medición de las variables presentes. (Aguirre Edgar, 2018)

El software desarrollado se implementó en el Laboratorio Experimental de Sistemas Tecnológicos Orientados a Modelos Acuapónicos (LESTOMA) como una herramienta para brindar soporte en lo relacionado con el control de las actividades y monitoreo de la información en el sistema acuapónico, haciendo uso de protocolos de comunicación y buenas prácticas de programación. En el aplicativo se incorporaron dos módulos: el primero de control, el cual brinda al sistema una herramienta de conexión inalámbrica capaz de interactuar con los diferentes actuadores presentes, tales como: alarmas, alimentadores, motores de oxígeno y la recirculación del agua; y el segundo, que corresponde a un módulo donde el usuario puede obtener la información del sistema agrupada según como él la requiera, además dentro del aplicativo web, en diferentes apartados se puede visualizar, en tiempo real, la información de las variables supervisadas mediante tablas y gráficas.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

La investigación inició con un proceso de búsqueda documental, el cual brindo información clave para la identificación de las necesidades presentes en el laboratorio LESTOMA, también permitió determinar problemáticas principales en el sector acuapónico, soluciones a las problemáticas y como estas soluciones se desarrollaron e implementaron en los diversos ámbitos de los sistemas acuapónicos. Asimismo, se indagó sobre los lenguajes de programación, tipos de modelación y metodologías de desarrollo de software permitiendo su correcta implementación en el proyecto. De acuerdo con lo anterior, se planteó la siguiente pregunta problema:

¿Cómo generar una solución la cual permita el control de las diferentes funcionalidades presentes en el proyecto LESTOMA mediante una herramienta de Software?

La fase de determinación de requerimientos se constituyó en la base para el diseño del proyecto web, identificando las necesidades funcionales y técnicos que requería el aplicativo, y así poder implementar una solución tecnológica eficiente. El modelado UML contribuyó a la construcción de los procesos informáticos, sus definiciones, limitaciones y a comprender el comportamiento del sistema.

## **RESULTADOS**

La implementación de un sistema acuapónico aporta beneficios reflejados de diferentes formas, como ejemplo de ello se tiene la disminución de problemas asociados con la compactación, salinización y enfermedades presentes en el suelo; es un sistema que se puede implementar en entornos urbanos y periurbanos, permitiendo cultivar en espacios reducidos como patios o azoteas; no se hace uso de fertilizantes o pesticidas químicos, permitiendo que los alimentos obtenidos sean saludables, e incluso puedan ser una producción económica de alimentos para la unidad familiar o cultivos comerciales.

Actualmente, la implementación de los sistemas acuapónicos se realiza a diferentes escalas, desde pequeñas (doméstica) a grandes (semi-comercial y comercial). En cuanto a la escala grande, son pocos los sistemas acuapónicos comerciales debido a la alta demanda económica que exigen para su implementación, sin embargo, los sistemas que han llegado a

ser exitosos suelen ser productores de lechuga o albahaca, o en su defecto se enfocan en la investigación académica. El Laboratorio Experimental de Sistemas Tecnológicos Orientados a Modelos Acuapónicos “LESTOMA”, es una unidad agroambiental en donde se implementó el aplicativo web, con el propósito de brindar apoyo en lo relacionado con el control remoto y la trazabilidad de la información del sistema (Somerville Christopher et al., 2022)

Para la construcción del proyecto fue necesario consultar proyectos similares, con el fin de identificar de qué manera se debía estipular cada parte del software, puesto que son varios los aspectos que se debían tener en cuenta para la creación y construcción de un aplicativo web con las características que se están exponiendo, de igual forma se considera que es fundamental la comprensión del funcionamiento del sistema acuapónico y la integración que hay con los componentes tecnológicos.

Uno de los proyectos que contribuyeron a la construcción corresponde al realizado en la Universidad de Guayaquil, por José Angulo y Marcos Perlaza, donde se evidencia que para la construcción de un proyecto de este tipo es necesario comenzar desde el análisis de las partes que integran el sistema acuapónico, para luego establecer el funcionamiento que debe tener en el software, de esta forma se identificaron que variables se les debe hacer seguimiento y de qué forma se deben almacenar, para que el usuario pueda consultarlas en el momento que lo desee. (Adonis et al., n.d.)

Del “Proyecto Prototipo IoT para un invernadero acuapónico doméstico en áreas urbanas” realizado por Cristhian Merino, se analizó las diferentes herramientas informáticas o frameworks, gestores de bases de datos y lenguajes de programación usados para la construcción del proyecto, el conjunto de herramientas mencionadas anteriormente es fundamental, ya que de cierta forma fueron la base para la construcción del aplicativo web, debido a que, es evidente que se debería construir a partir de una estructura sólida, que permitiera obtener los resultados deseados. (Merino Cristhian Andres, 2022)

De la documentación consultada se pudo concluir que todos los proyectos buscan satisfacer necesidades similares, haciendo uso de servidores en la nube, bases de datos y protocolos de transferencia de datos. Finalmente, del análisis de los proyectos se logró crear

una solución tecnológica con la capacidad de gestionar y controlar el sistema acuapónico mediante interfaces y diseños adaptados a las necesidades de la problemática que se planteaba.

El enfoque principal de la investigación estuvo orientado a la creación de un aplicativo de control para el laboratorio LESTOMA, inicialmente se hizo uso de la metodología ágil, la cual se enfoca en procesos incrementales con entregas funcionales, vinculando a los clientes dentro del proceso (Saavedra Daniela, n.d.), este tipo de metodología ayudo a optimizar el proceso de construcción y desarrollo de la solución informática.

Para el desarrollo metodológico, se establecieron *sprints*, que corresponden a bloques de trabajo que se pueden dividir en periodos cortos de tiempo (Lopez Menendez Rina Elizabeth, 2015). Los *sprints* planteados para el proyecto se gestionaron por medio del tablero Kanban, siguiendo las pautas correspondientes de las metodologías ágiles, el tablero permitió gestionar el proyecto de una forma visual, señalando los flujos de trabajo y la carga de trabajo de cada miembro del equipo de desarrollo. Según Kniberg y Skarin, Kanban proporciona a los miembros del equipo una visibilidad más amplia sobre los efectos de sus acciones a la hora de aportar al trabajo o a la falta de estas acciones (Kniberg & Skarin, 2010).

La implementación de la metodología ágil fue posible gracias a las herramientas tecnológicas ya desarrolladas y enfocadas en cumplir con las pautas y requerimientos de estas mismas, el uso de la plataforma Trello para el desarrollo de esta metodología fue clave, Trello es una herramienta la cual implementa las tarjetas de trabajo, en donde se asignan tareas a la iteración correspondiente y los estatus respectivos a estas. La ejecución de esta metodología en el proyecto fue de especial importancia debido a la organización que se presentó en el transcurso de este, tanto como para la realización de las tareas, el equilibrio de trabajo, definir tiempos de trabajo, como para la identificación de estrategias y oportunidades que se deberían usar en el proyecto.

Los requerimientos planteados se dividieron en dos categorías, los requerimientos funcionales y los requerimientos no funcionales. Los requerimientos funcionales permitieron definir las funciones del sistema y todo lo que este iba a realizar, igualmente la identificación

de entradas y salidas del sistema, los requerimientos no funcionales describieron las características para limitar el sistema en términos de rendimiento, usuarios, interfaz y portabilidad. Con base en esto se establecieron 18 requerimientos funcionales, entre ellos se inicia desde el login y registro, donde el usuario accede al aplicativo con sus respectivas credenciales, el permitir el control de las actividades de sistema acuapónico tales como la alimentación, alarmas, circulación del agua en donde el superadministrador y administrador tienen control sobre la activación o desactivación de estas funciones, el monitoreo y acceso a las variables controladas donde el usuario tiene acceso a las variables que maneja el sistema acuapónico, variables tales como pH, temperatura ambiente y temperatura del agua. Estos requerimientos se sistematizaron bajo el formato estándar IEEE-830 del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE).

En las siguientes tablas se muestra, como ejemplo, los requerimientos funcionales de Control de Actividades del Sistema y monitoreo de las variables controladas.

*Tabla 1. Requerimiento funcional Control Actividades*

<b>Identificación del requerimiento</b>	RF1
<b>Nombre del requerimiento</b>	Permitir control de algunas actividades
<b>Descripción del requerimiento</b>	El sistema deberá permitir al administrador activar o desactivar algunas funciones (Alarmas, alimentadores, recirculación del agua y oxígeno) del sistema acuapónico.

*Tabla 2. Requerimiento funcional monitoreo de las variables controladas*

<b>Identificación del requerimiento</b>	RF4
<b>Nombre del requerimiento</b>	Monitoreo de las variables controladas
<b>Descripción del requerimiento</b>	Los usuarios podrán monitorear desde el aplicativo web las variables de control correspondientes que arroja el sistema propio de cada unidad productiva.



El levantamiento de requerimientos permitió establecer diversos ámbitos de control, de ajustes y de cómo el aplicativo iba a tratar la información brindada por el sistema acuapónico. Así mismo, este proceso involucró el establecer los módulos correspondientes, los roles, características principales, información de entradas y salidas, de esta forma se pudo estructurar el aplicativo web de acuerdo con las necesidades planteadas por el dueño del producto.

El proyecto tuvo como principal objetivo la conexión e integración del software y hardware, esta conexión inicialmente se concretó por medio de una API, en donde se pudo establecer una comunicación entre los componentes tecnológicos del sistema acuapónico y el software, mediante una placa basada en un microcontrolador (Arduino Uno o Arduino Mega), el cual permitió el consumo de servicios haciendo posible la interacción entre hardware y software. Las peticiones realizadas por el usuario siempre son validadas, gracias a los protocolos de comunicación que permiten el acceso al código de redundancia cíclica (CRC), el cual permite verificar la integridad de la trama.

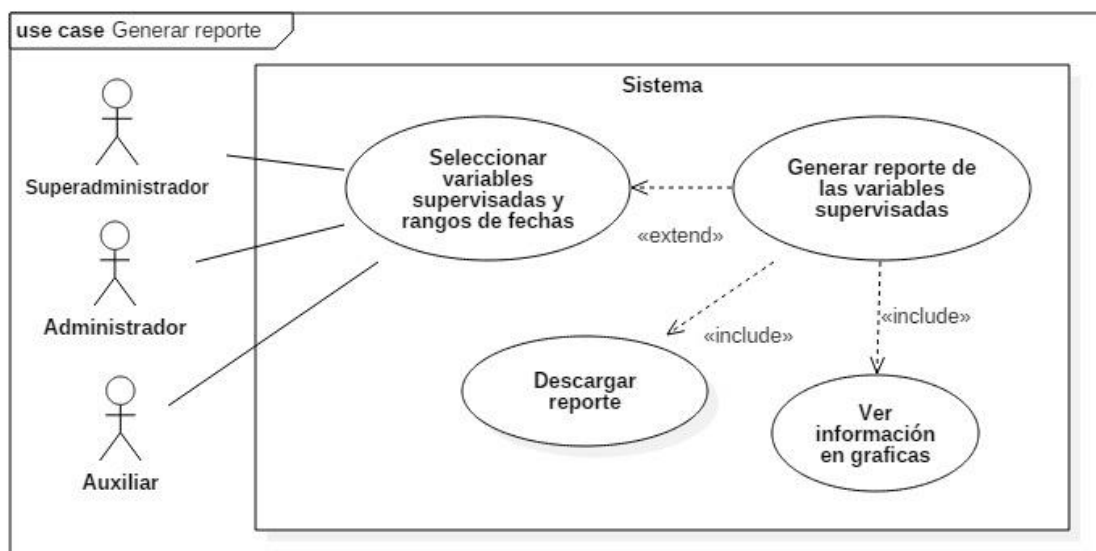
De otra parte, el Modelo Entidad Relación (MER), que es la representación gráfica de las entidades con sus respectivos atributos de una base de datos, en esta ocasión las entidades con más importancia en la solución informática son: Usuario, la cual almacena la información afín con los diferentes usuarios en el sistema; UPA, que almacena la información relacionada con las Unidades de Producción Agropecuaria; Detalle laboratorio, que se encarga de gestionar la información relacionada con las actividades que se pueden desempeñar en el software. Este modelo permitió la construcción óptima de la base de datos que se usa para almacenar los datos del aplicativo web.

En la siguiente figura se muestra el Modelo Entidad Relación de la solución informática.



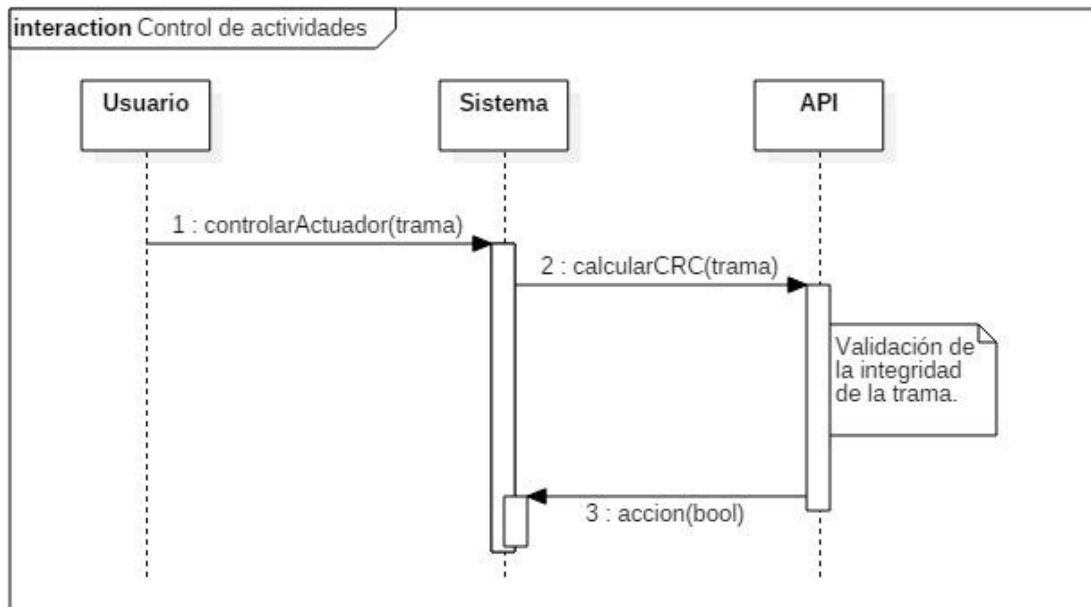
En la figura 3, se muestra por medio de un diagrama de casos de usos otro de los requerimientos fundamentales de la solución informática, en este diagrama se puede observar la opción de generar un reporte con toda la información necesaria del sistema acuapónico, esta acción la pueden realizar los tres tipos de roles establecidos.

**Figura 3. Diagrama de casos de uso, generar reporte**



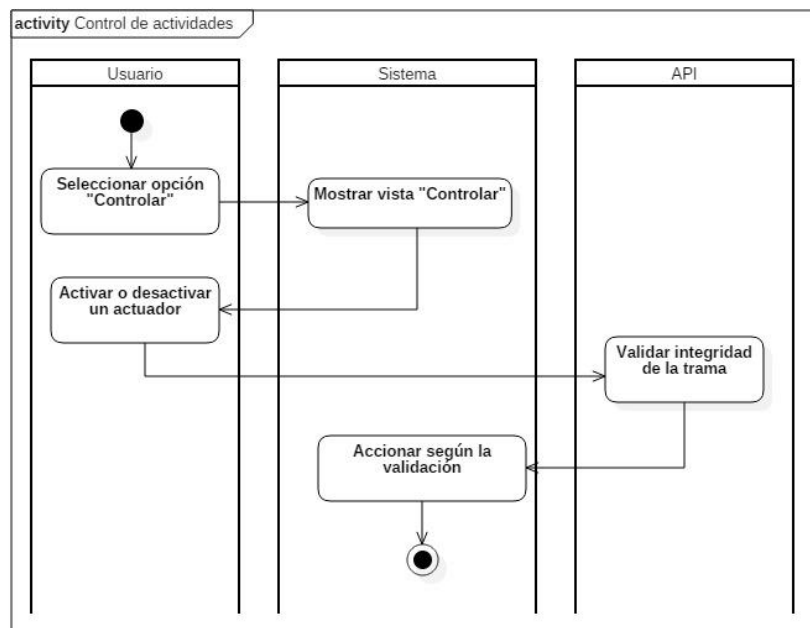
Ahora bien, para modelar la dimensión dinámica del sistema se realizaron los diagramas de secuencia. En la figura 4, se evidencia la interacción de los diferentes elementos de la solución informática que permiten generar un control en los actuadores del sistema acuapónico. Como inicio del proceso, el usuario realiza la petición para controlar y el sistema se encarga de crear una trama, en donde irá contenida la información que posteriormente será interpretada por el hardware, no sin antes de ser validada por medio de la API, la cual se encargará de analizar la integridad de la trama por medio del código de redundancia cíclica (CRC), si existe algún error en la información enviada el resultado será un *false*, impidiendo accionar los actuadores.

**Figura 4. Diagrama de secuencia, control de actividades**



Finalmente, se realizaron los diagramas de actividad, con los cuales se pretende describir como el sistema implementa su funcionalidad y modelan el comportamiento funcional de un procedimiento, haciendo énfasis en el proceso que se lleva a cabo. En la figura 5, se muestra el flujo de la actividad correspondiente al control de los actuadores.

**Figura 5. Diagrama de actividad, control de actividades**



Mediante la modelación del software se logró identificar partes esenciales del proyecto, las contribuciones se ven esencialmente en el trabajo interno que se debe realizar para satisfacer las peticiones del usuario, se logró estipular de qué manera debía interactuar el aplicativo web con: la base de datos, la API y principalmente con el hardware. Durante el proceso de modelación de la solución informática se identificaron tres roles, los cuales son: superadministrador, administrador y auxiliar, siendo el primero de ellos quien tiene acceso a la totalidad de las funcionalidades del software, y los restantes a solo unas determinadas funcionalidades. Como resultado de este proceso, se logró la construcción del aplicativo web cumpliendo con los objetivos propuestos, en la figura 6, se puede evidenciar la interface de inicio del aplicativo web, y en la figura 7 se visualiza el módulo de control inalámbrico.

**Figura 6. Interfaz de inicio del aplicativo web**

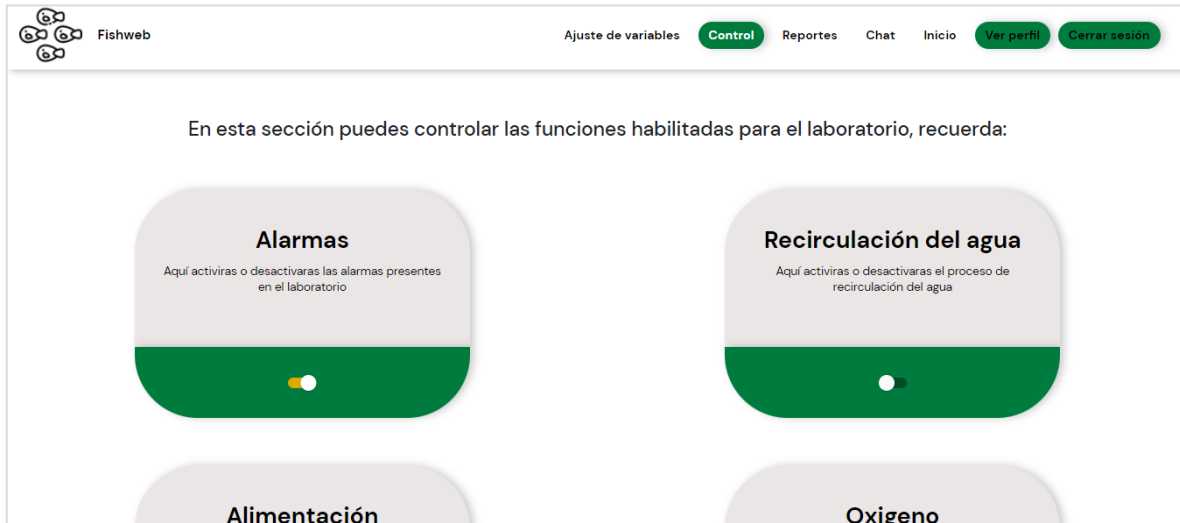
The screenshot displays the 'Fishweb' application interface. At the top left is the logo and name 'Fishweb'. The top navigation bar includes links for 'Ajuste de variables', 'Control', 'Reportes', 'Chat', and 'Inicio', along with buttons for 'Ver perfil' and 'Cerrar sesión'. The main content area features a table with the following data:

Fecha	Hora	pH	Temperatura	Nivel del agua	Temperatura ambiente
2 de Abril 2022	5:35 A.M	6	15	9	13.5
2 de Abril 2022	6:45 A.M	7	16	10	18.3
2 de Abril 2022	10:35 A.M	6	15	9	20.5

Below the table is a green button labeled 'Obtener reportes'. At the bottom, there are two call-to-action buttons: 'Ingresa aquí si quieres administrar alguna de las partes habilitadas del laboratorio.' (with a hand icon) and 'Ingresa aquí si quieres ajustar alguna de las variables habilitadas del laboratorio.' (with a gear icon).

Fuente: El usuario que accedió corresponde al de tipo administrador, en la barra de navegación superior se puede observar las funcionalidades a las cuales tiene acceso.

**Figura 7. Interfaz de control del aplicativo web**



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Sin duda alguna plantear y estructurar un adecuado proceso ingenieril para la construcción de la solución informática, en ambiente web, desde el principio, fue de gran importancia para su correcto desarrollo, iniciando con el estado del arte, el cual brindó un conocimiento pertinente sobre el tema a tratar y el conocimiento de la existencia de soluciones ya planteadas para la problemática a solucionar, asimismo, la documentación recolectada ofreció una guía en cuanto a diseño, soluciones y oportunidades que se encuentran en el área de sistemas acuapónicos. De otra parte, la implementación de la metodología ágil, a partir de la integración del marco de trabajo SCRUM y el tablero Kanban, brindo una metodología adecuada para la gestión y control de las fases del desarrollo del proyecto de software, encontrando así una herramienta metodológica flexible a los cambios que se quisieran realizar en el transcurso del proceso de desarrollo, pero así mismo ir creando una estructura de proyecto funcional y sólida.

La modelación a partir de diagramas UML permitió tener diversas perspectivas del aplicativo como lo fueron los roles, las interfaces, los protocolos de comunicación y sus funcionalidades, de esta forma la modelación de las diferentes dimensiones del software como fueron la dimensión estática, dinámica y funcional permitieron cumplir adecuadamente con la documentación e implementación del sistema adaptándose así, a los diferentes requerimientos funcionales planteados para la solución informática.

El tipo de apuesta hacia estos sistemas automatizados que hacen uso de energías renovables, ecológicas que aportan a la conservación del medioambiente, se han convertido en un movimiento importante en los últimos años, para lo cual, el apoyo hacia estos proyectos con el desarrollo de herramientas de software que ofrezcan soporte, controles rigurosos y gestión de la información de manera remota serán de gran utilidad; creando así, sistemas informáticos que faciliten la trazabilidad y el control de las diferentes variables y dispositivos que constituyen los sistemas acuapónicos, como es el caso del laboratorio LESTOMA de la Universidad de Cundinamarca, Colombia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adonis, M., Burbano, P., Miguel, J., & Sánchez, A. (n.d.). *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL*. Recuperado de <https://bit.ly/3PFqGE9>
- Aguirre Edgar. (2018). *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA ACUAPONÍA EN HOGARES BASADO EN IOT*. Recuperado de <https://bit.ly/3lC65TJ>
- Kniberg, Henrik., & Skarin, Mattias. (2010). *Kanban and Scrum : making the most of both*. C4Media, Inc. Recuperado de <https://bit.ly/3MIgbOM>
- Lopez Menendez Rina Elizabeth. (2015). Metodologías Ágiles de Desarrollo de Software Aplicadas a la Gestión de Proyectos Empresariales. *Escuela Especializada En IngenieríaITCA-FEPADE*, 8, 6–11. Recuperado de <https://bit.ly/3LGuYYY>
- Merino Cristhian Andres. (2022). *PROTOTIPO IOT PARA UN INVERNADERO ACUAPÓNICO DOMÉSTICO EN ÁREAS URBANAS*. Recuperado de <https://bit.ly/3PF19gX>
- Saavedra Daniela. (n.d.). *Calidad en la especificación de requerimientos de software aplicado en metodologías ágiles*. Recuperado de <https://bit.ly/3wI3NZr>
- Somerville Christopher, Cohen Moti, Pantanella Edoardo, Stnkus Austin, & Lovatelli Alessandro. (2022). Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas. In *Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas*. FAO. <https://doi.org/10.4060/i4021es> Recuperado de <https://bit.ly/3adtQid>