

Sistema para la monitorización y control de abastecimiento de agua mediante Internet de las Cosas

M.R.y.S.I. Arturo Escobar-García^a, M.R.T. Ricardo Castro-Valdivia^b, M.S.C. Nancy Aracely Cruz-Ramos^c, I.S.C. Daniel González-Díaz^d, M.R.y.S.I. María Reina Zárate-Nava^e, David Arturo Marcial-Martínez^f.

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, arturo.escobar@utcv.edu.mx^a, ricardo.castro@utcv.edu.mx^b, nancy.cruz@utcv.edu.mx^c, daniel.gonzalez@utcv.edu.mx^d, maria.zarate@utcv.edu.mx^e, 201831301023@utcv.edu.mx^f, Cuitláhuac, Veracruz, México.

Resumen

Los sistemas de automatización del hogar han atraído una atención considerable con el avance de la tecnología. Un hogar inteligente (Smart Home) es una aplicación de IoT (Internet of Things, Internet de las Cosas) que utiliza Internet para monitorizar y controlar los dispositivos. La falta de uso de la tecnología IoT, las interfaces de usuario poco amigables, el rango de transmisión inalámbrica limitado y los altos costos son las limitaciones de los sistemas de automatización del hogar existentes. Por otro lado, el consumo de agua en el hogar no sigue prácticas de uso responsable, aunado a la escasez que se presenta en diferentes zonas en México. Por lo tanto, este artículo presenta un Sistema para la monitorización y control de consumo de agua mediante Internet de las Cosas. Este sistema automatizado es rentable e híbrido (local y remoto) y ofrece una interfaz fácil de utilizar para dispositivos móviles y computadoras. Se accede a los datos recopilados de varios sensores mediante una aplicación móvil y una aplicación Web. Este sistema es confiable, de bajo costo y facilita el suministro de agua en el hogar, brindando comodidad a los usuarios y aumentando su responsabilidad en el cuidado de este recurso natural.

Palabras clave— control, Internet de las Cosas, monitorización, suministro de agua

Abstract

Home automation systems have attracted considerable attention with the advancement of technology. A Smart Home is an Internet of Things (IoT) application that uses the Internet to monitor and control devices. The lack of use of IoT technology, unfriendly user interfaces, limited wireless transmission range, and high costs are the limitations of existing home automation systems. On the other hand, water consumption in the home does not follow responsible use practices, coupled with the scarcity that occurs in different areas of Mexico. Therefore, this article presents a System for the monitoring and control of water consumption through the Internet of Things. This automated system is cost-effective and hybrid (local and remote) and offers an easy-to-use interface for mobile devices and computers. Data collected from various sensors is accessed through a mobile app and a web app. This system is reliable and low cost

since it facilitates the supply of water in the home, providing comfort to users and increasing their responsibility in the care of this natural resource.

Keywords— control, Internet of Things, monitoring, water supply

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona requiere de 100 litros de agua al día (5 o 6 cubetas grandes) para satisfacer sus necesidades, tanto de consumo como de higiene. El mayor consumo de este vital líquido se realiza de manera indirecta, es decir, cada que una persona adquiere un producto o hace uso de un servicio, está consumiendo agua sin darse cuenta¹. La información del Sistema de Aguas de la Ciudad de México señala que los mexicanos consumen hasta 307 litros al día, cantidad que rebasa por mucho lo recomendado por la OMS (20 litros al día por persona)². Los datos de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) señalan que se pierden entre 10 y 50 litros de agua en actividades cotidianas en el hogar sobre todo cuando se deja abierta la llave abierta³.

El abastecimiento de agua en las zonas urbanas y rurales en México implica un arduo trabajo para el personal encargado. Las ciudades con mayor población sin acceso al agua son: Acapulco con 123,000 (18% de la población), Tuxtla Gutiérrez con 83,000 personas (16%), Puebla con 69,000 personas (5%) y Chimalhuacán con 59,000 (10%). Los estados con mayor población sin acceso al agua en el hogar son: Veracruz con 1.8 millones de personas (24% de la población de la entidad), los estados de Guerrero y México con 1.3 millones de personas cada uno (49% respectivamente) y Chiapas, Oaxaca y Puebla con más de 1 millón de personas cada estado⁴.

El sistema de suministro de agua en México no tiene la capacidad de abastecer a todos los hogares de forma constante [1], [2], por lo que, en su mayoría, las casas habitación cuentan con tinacos y tanques para el almacenamiento de agua. Esta forma de abastecimiento provoca que el agua se desperdicie sobre todo cuando los tinacos y tanques rebasan el máximo de su capacidad. Al no existir un control adecuado de almacenamiento de agua, su consumo en los hogares aumenta considerablemente.

En la literatura existen propuestas similares [3]–[6] al presente proyecto que enfatizan los beneficios de la automatización del almacenamiento de agua en los hogares, así como, de la monitorización y control del consumo de agua. Las soluciones actuales [7], [8] proponen la integración de tecnologías de IoT (microcontroladores,

¹ <https://www.gob.mx/conanp/articulos/sabes-cuanta-agua-consumes>

² <https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/>

³ <http://caem.edomex.gob.mx/>

⁴ <https://cartocritica.org.mx/2015/poblacion-sin-acceso-al-agua-en-la-vivienda/>

sensores, entre otros) para mejorar los procesos de almacenamiento y consumo de agua en el hogar. Sin embargo, estos estudios han evidenciado algunas limitaciones como la falta de uso de la tecnología IoT en los hogares de México, así como, otros aspectos relacionados con la brecha tecnológica que se vive en el país, por ejemplo, el rango de transmisión inalámbrica limitado y los altos costos de las aplicaciones desarrolladas.

La motivación de este proyecto radica en las metas y objetivos de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), específicamente en el objetivo número 12: Producción y consumo sustentable; cuyo propósito es regular el consumo de agua para los usuarios obteniendo un impacto positivo al ahorrar agua, disminuyendo las cuotas de consumo y beneficiando el cuidado del medio ambiente⁵.

Por lo anterior, este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema basado en IoT que permita la monitorización y control del almacenamiento y consumo de agua en el hogar para evitar el desperdicio de agua y fomentar el uso responsable de este recurso natural. El desarrollo del proyecto siguió las fases de la metodología RUP (Rational Unified Process, Proceso Racional Unificado) que son: 1) Incepción, 2) Elaboración, 3) Construcción y 4) Transición. En cada fase de la metodología se realizaron diferentes actividades para alcanzar los objetivos planteados.

2. CONTENIDO

2.1 METODOLOGÍA

El proceso de desarrollo del proyecto siguió las fases de la metodología RUP, las cuales se describen a continuación:

2.1.1 Fase de incepción

En esta primera fase se realizó una investigación detallada acerca de los microcontroladores, sensores y componentes electrónicos utilizados en el dominio de Internet de las Cosas específicamente para la monitorización del nivel de agua y control a distancia de una bomba sumergible.

De los hallazgos se elaboró una tabla comparativa para seleccionar los microcontroladores, módulos y sensores con las mejores características para la construcción del prototipo IoT. La lista de materiales incluyó: tarjeta NodeMCU, sensor de nivel de agua [9], módulo Wifi [10], módulo Bluetooth [11], flotador [12], interruptor termomagnético [13], entre otros.

2.1.2 Fase de elaboración

La fase de elaboración, incluyó actividades enfocadas en el diseño del proyecto, tales como, diagramas de casos de uso,

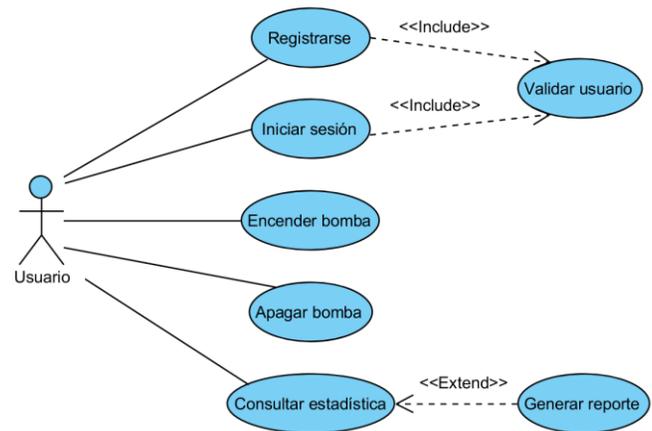
arquitectura de software y diagramas de componentes, modelos de datos (relacional y no relacional), modelos de secuencia, entre otros.

En la primera actividad, se diseñó el diagrama de casos de uso para delimitar las funcionalidades de la plataforma y definir la interacción del usuario con el sistema. Dentro de los principales casos de uso se consideraron:

- *Iniciar sesión*, que involucra la autenticación, el registro del usuario y el proceso de la recuperación de la contraseña.
- *Encender/Apagar la bomba*, que permite el control de la bomba sumergible.
- *Consultar estadística*, este proceso muestra las estadísticas de actividad de la bomba sumergible en diferentes periodos, donde se incluye la fecha y hora de uso de la misma. Adicionalmente, se genera un reporte de las estadísticas para su posterior análisis.

En la figura 1, se presenta el diagrama de casos de uso del sistema considerando los procesos principales.

Fig. 1. Diagrama de casos de uso del sistema



La segunda actividad, consistió en realizar varias pruebas de funcionamiento con el microcontrolador y los sensores para determinar el diseño de la arquitectura del proyecto. Se optó por una arquitectura de software en capas por su escalabilidad y facilidad para integrar componentes.

A continuación, se describen las capas, componentes y funcionalidades de la arquitectura:

- *Capa de presentación*: Esta capa recibe las solicitudes de los usuarios enviadas a través de la aplicación móvil y la aplicación Web. La aplicación móvil tiene como propósito la monitorización y control de la bomba sumergible, además permite al usuario encender/apagar la bomba de forma manual y automática. Por su parte, la aplicación Web está enfocada en procesos administrativos como la gestión de usuarios, consulta de estadística y gestión de reportes.

⁵ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>

- b) *Capa de servicios.* Esta capa ofrece una API (Application Programming Interface, Interfaz de programación de aplicaciones) para acceder a los 4 principales servicios del sistema: 1) autenticación, 2) encender/apagar la bomba sumergible, 3) estadísticas de uso de la bomba y 4) reportes de actividad de la bomba.
- c) *Capa de datos:* Esta capa otorga el acceso a las 2 fuentes de datos del sistema: 1) una base de datos relacional y 2) una base de datos NoSQL. Además, almacena todos los datos (estructurados y no estructurados) que se utilizan por las capas superiores.

En la figura 2, se muestra la arquitectura de software del sistema.



2.1.3 Fase de construcción

Durante esta fase se desarrollaron los componentes de software de la arquitectura diseñada en la fase anterior.

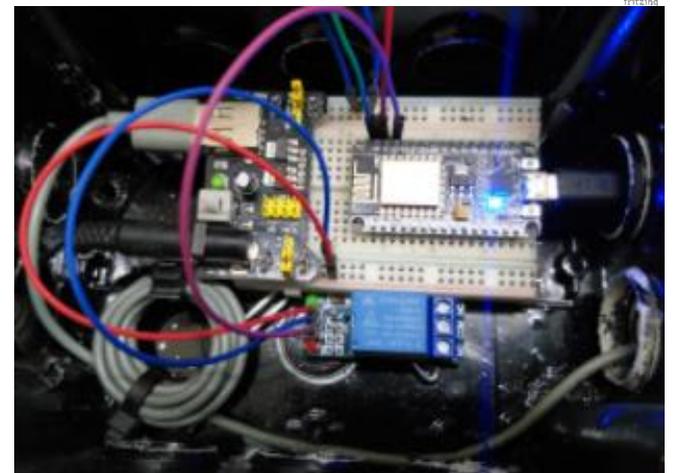
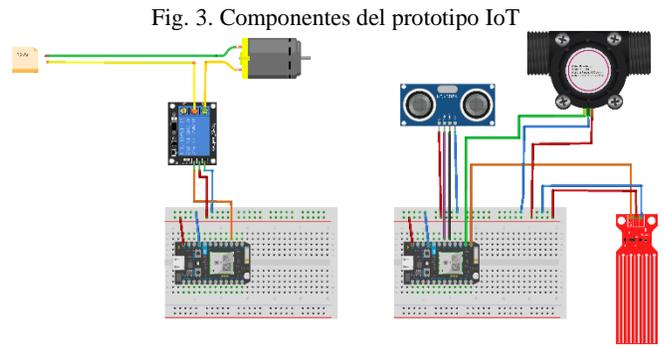
La primera actividad de esta fase consistió en crear las bases de datos para el almacenamiento de la información de las aplicaciones Web y móvil. Para la base de datos relacional se utilizó el gestor MySQL [14] y para la base de datos NoSQL [15] se eligió el gestor MongoDB [16].

Una vez creadas las bases de datos, se construyeron las aplicaciones. Para la aplicación Web se utilizó el framework de Laravel [17] para agilizar el tiempo de desarrollo de la plataforma. Y para el desarrollo de la aplicación móvil se eligió el framework de Ionic [18]. Cabe mencionar que en este proceso se codificó una API para la comunicación entre el back-end y front-end de las aplicaciones. Adicionalmente, se utilizaron algunas bibliotecas para complementar el desarrollo de las aplicaciones, como: Bootstrap [19], Angular Material [20], Font Awesome [21], entre otros.

La última actividad de esta fase consistió en la construcción y comunicación del prototipo IoT con las aplicaciones

desarrolladas. Se implementaron cada uno de los sensores con la tarjeta NodeMCU y se añadió conexión a Internet mediante el módulo de Wifi para recuperar los datos obtenidos por los sensores. En el desarrollo del prototipo se aislaron los elementos para evitar que se dañaran con facilidad por el uso. Los sensores se colocaron en posiciones estratégicas y se soldaron los componentes que fueron necesario asegurar. Además, se colocó un interruptor termomagnético para el circuito de la bomba para proteger los componentes en caso de un cortocircuito.

En la figura 3, se muestran los componentes del prototipo IoT para la monitorización y control de la bomba sumergible.



2.1.4 Fase de transición

En esta última fase de la metodología se realizaron las pruebas de funcionamiento del sistema con el objetivo de identificar errores de lectura de datos de los sensores del prototipo, y errores de comunicación entre el prototipo y las aplicaciones.

Se realizaron pruebas unitarias y de integración al sistema para evaluar la funcionalidad y usabilidad de las aplicaciones Web y móvil. Al finalizar esta actividad no se observaron fallas mayores y se solucionaron las incidencias encontradas.

2.2 RESULTADOS

2.2.1 Caso de estudio

El caso de estudio se centró en la monitorización y control de una bomba sumergible de un tinaco en una casa habitación ubicada en una zona de Córdoba, Veracruz donde el agua es escasa.

Las pruebas se realizaron durante un periodo de un mes por los propietarios de lugar. Los usuarios accedieron diariamente a la aplicación móvil para supervisar el funcionamiento de la bomba sumergible para abastecer el tinaco durante los cortes de suministro de agua que se realizaron en la zona donde está ubicada la vivienda. Además, un usuario con rol de administrador verificó el funcionamiento del sistema desde otra ubicación para garantizar que el prototipo operara correctamente.

Las funcionalidades principales a las que accedieron los usuarios fueron:

- Consultar el consumo diario de agua (litros) mediante diferentes gráficas.
- Recibir notificaciones en tiempo real del nivel de agua del tinaco.
- Visualizar el reporte de actividad de la bomba (histórico de uso diario).
- Monitorizar y controlar el dispositivo IoT de forma remota.

En la figura 4, se muestran las interfaces de inicio de sesión de las aplicaciones móvil y Web para acceder al sistema. En cada interfaz se muestra un formulario en donde el usuario ingresa su correo electrónico y contraseña asociados a su cuenta.

Fig. 4. Interfaces de inicio de sesión



Además, en estas interfaces se encuentran opciones para registrarse y recuperar la contraseña.

Una vez que el usuario ingresa a alguna de las aplicaciones se presenta un panel de control en el que accede a las diferentes opciones que ofrece el sistema. En la figura 5, se muestran las interfaces principales de las aplicaciones móvil y Web.

Fig. 5. Interfaces principales de las aplicaciones



Las interfaces se basan en un diseño responsivo, que permite que se adapten a cualquier tamaño de pantalla de los dispositivos.

Cabe mencionar, que, en este caso de estudio, el propietario de la vivienda utilizó la aplicación móvil durante el mes de pruebas; mientras que, la aplicación Web estuvo a cargo de un integrante del equipo del proyecto, quien supervisó el funcionamiento del sistema de forma remota.

La figura 6 muestra los registros de actividad de la bomba sumergible del tinaco, desde ambas aplicaciones.

Fig. 6. Registros de actividad de la bomba sumergible

| # | Fecha | Hora | Estado de la bomba |
|---|------------|----------|--------------------|
| 1 | 2021-08-04 | 22:17:47 | Encendida |
| 2 | 2021-08-04 | 22:18:39 | Apagada |
| 3 | 2021-08-04 | 22:19:29 | Apagada |
| 4 | 2021-08-04 | 22:19:39 | Apagada |
| 5 | 2021-08-04 | 22:42:46 | Encendida |
| 6 | 2021-08-04 | 23:56:34 | Apagada |
| 7 | 2021-08-04 | 23:11:25 | Encendida |
| 8 | 2021-08-04 | 23:23:43 | Apagada |
| 9 | 2021-08-04 | 23:24:13 | Apagada |

Por otro lado, el prototipo IoT que se utilizó durante el caso de estudio se adaptó para operar con un solo tinaco ubicado en la planta alta de la vivienda. El prototipo se construyó en dos partes, la primera se colocó en la parte externa del tinaco y la segunda (que incluía los sensores) se instaló en la parte interna, como se muestra en la figura 7.

Fig. 7. Prototipo IoT





En la parte inferior del prototipo se observan los sensores utilizados para la recuperación de los datos. Esta información se procesa y permite generar las estadísticas y reportes que se muestran mediante las aplicaciones.

Los resultados obtenidos hasta el momento de la redacción de este artículo demuestran que al finalizar el periodo de pruebas del caso de estudio:

- Los usuarios mejoraron el control del abastecimiento de agua en su hogar, ya que, anteriormente olvidaban encender o apagar la bomba en los horarios pertinentes (encendido manual). Lo anterior provocaba escasez de agua o en algunas ocasiones (cuando no apagaban la bomba) que el agua se derramara del tinaco, y esto impactaba en la filtración de agua provocando humedad en el techo de la planta alta de la vivienda.
- Los usuarios disminuyeron el consumo de agua diario en su hogar hasta en un 30%. Antes de utilizar el sistema, los usuarios no estaban conscientes del consumo diario de agua en su vivienda por lo que no la utilizaban de forma responsable.
- Los usuarios aumentaron la comodidad en el proceso de abastecimiento de agua en su vivienda.

Con la implementación de este proyecto se logró concientizar a los propietarios de esta vivienda en el cuidado del agua y en la importancia de la tecnología para automatizar procesos de la vida cotidiana. Esto último, se vio reflejado mediante una encuesta de satisfacción que se aplicó a los propietarios de la vivienda donde se implementó el proyecto. Los usuarios demostraron interés en la adopción del sistema en su vivienda indefinidamente.

Es importante mencionar que, aunque el caso de estudio se implementó en una casa habitación, la arquitectura del proyecto es adaptable a otros sectores como el agricultor, residencial y empresarial.

Este sistema es escalable por lo que es capaz de monitorizar y controlar el consumo de agua en espacios con mayor número de tanques y tinacos. La principal ventaja de este proyecto respecto a otros sistemas es su bajo costo, por lo que está al alcance del presupuesto de más usuarios.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Actualmente, IoT en la gestión del agua tiene muchas aplicaciones, tales como: a) obtención del agua, b) detección de fugas y c) transportación y distribución. Con esta nueva visión se requiere un mecanismo que brinde los datos actualizados de la situación de estos procesos, para conocer su estado y saber si se están cumpliendo los objetivos previstos. Para lograr estos objetivos hay que volver más eficiente y sustentable la explotación y consumo del agua, principalmente en el hogar. Un ejemplo de cómo implementar IoT en este contexto es el bombeo inteligente del agua.

El presente artículo presentó un sistema para la monitorización y control de abastecimiento y consumo de agua mediante IoT. Este sistema funciona de forma híbrida (local y remota) y ofrece dos aplicaciones con interfaces amigables a las que se accede mediante dispositivos móviles y computadora. Este sistema permite recuperar los datos recopilados por un prototipo de IoT instalado en el hogar.

El sistema ofrece diferentes funcionalidades a los usuarios dentro de los que destacan: 1) consultar el consumo diario de agua (litros) mediante diferentes gráficas, 2) recibir notificaciones en tiempo real del nivel de agua del tinaco, 3) visualizar el reporte de actividad de la bomba sumergible (histórico de uso diario), 4) monitorizar y controlar el dispositivo IoT de forma remota (encender y apagar la bomba).

Las pruebas se realizaron a través de un caso de estudio en la ciudad de Córdoba, Veracruz, específicamente en una zona donde hay escasez de agua. Durante un mes se monitorizó el consumo de agua de un hogar y se controló de forma automática una bomba sumergible mediante la aplicación móvil para abastecer el tinaco durante los cortes de suministro de agua que se realizaron en la zona donde está ubicada la vivienda. Adicionalmente, se supervisó el funcionamiento del sistema de forma remota por parte de un integrante del equipo que desarrolló el proyecto.

Con la implementación de este proyecto se obtuvieron resultados positivos en la adopción del sistema por parte de los usuarios. Los propietarios de la vivienda mejoraron considerablemente el control del abastecimiento de agua en su hogar, ya que la responsabilidad de esta tarea, quedó a cargo de la aplicación móvil que se configuró para encender y apagar la bomba de forma automática. Esta configuración evitó que el agua se derramara del tinaco evitando filtraciones en el techo de la vivienda. Así mismo, los usuarios disminuyeron el consumo de agua en su hogar en comparación con lo que utilizaban antes de la implementación del sistema. Otro aspecto importante es que los usuarios aumentaron la comodidad en el proceso de abastecimiento de agua en su hogar.

El sistema propuesto es adaptable para funcionar en espacios con un mayor número de tinacos y tanques gracias a su arquitectura escalable. La principal ventaja de este sistema respecto a otros productos comerciales, es su bajo costo, por lo que está al alcance del presupuesto de más usuarios.

Como trabajo a futuro se considera implementar este sistema en una red de casas habitación con escasez de agua que cuenten con tinacos para abastecimiento, se pretende ofrecer esta solución a bajo costo. Para este propósito se buscará un convenio de colaboración con alguna dependencia.

Por otro lado, se pretende aplicar este sistema en un contexto que involucre a otros sectores como el agricultor, residencial y empresarial.

4. REFERENCIAS

- [1] iagua, “La crisis del agua en México provoca que 12 millones de personas no tengan acceso a agua potable.” [Online]. Available: <https://www.iagua.es/noticias/conacyt/crisis-agua-mexico-provoca-que-12-millones-personas-no-tengan-acceso-agua-potable>. [Accessed: 13-Feb-2022].
- [2] Greenpeace, “¿Por qué en México hay escasez de agua? - Greenpeace México.” [Online]. Available: <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/10163/por-que-en-mexico-hay-escasez-de-agua/>. [Accessed: 13-Feb-2022].
- [3] R. P. N. Budiarti, A. Tjahjono, M. Hariadi, and M. H. Purnomo, “Development of IoT for Automated Water Quality Monitoring System,” in *Proceedings - 2019 International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering, ICOMITEE 2019*, 2019, pp. 211–216.
- [4] S. H. Yang, X. Chen, X. Chen, L. Yang, B. Chao, and J. Cao, “A case study of internet of things: A wireless household water consumption monitoring system,” in *IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2015 - Proceedings*, 2015, pp. 681–686.
- [5] H. Fuentes and D. Mauricio, “Smart water consumption measurement system for houses using IoT and cloud computing,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 192, no. 9, pp. 1–16, Sep. 2020.
- [6] Z. H. Che Soh, M. S. Shafie, M. A. Shafie, S. Noraini Sulaiman, M. N. Ibrahim, and S. Afzal Che Abdullah, “IoT Water Consumption Monitoring Alert System,” in *Proceedings - 2nd 2018 International Conference on Electrical Engineering and Informatics, ICELTICs 2018*, 2018, pp. 168–172.
- [7] S. C. Chávez Jiménez, D. A. Beltrán Segura, J. R. Montiel Sandoval, and N. A. Ríos Malaver, “Optimización de medición de agua mediante la implementación de sistemas IoT.” [Online]. Available: <https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/handle/compensar/3619>. [Accessed: 13-Feb-2022].
- [8] D. A. Pedraza Álvarez, J. S. Orjuela Vida, W. A. Poveda Carrillo, and Y. S. Fonseca Montenegro, “Diseño e implementación de prototipo domótico para la medición del consumo de agua potable en hogares a través de IoT.” [Online]. Available: <https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/handle/compensar/3565>. [Accessed: 13-Feb-2022].
- [9] Omega, “Sensores de nivel,” 2022. [Online]. Available: <https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [10] Mactronica, “MODULO WIFI ESP8266,” 2022. [Online]. Available: <https://www.mactronica.com.co/modulo-wifi-esp8266>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [11] UAEH, “Módulo Bluetooth | Arduino,” 2022. [Online]. Available: http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_final/OA4/mdulo_bluetooth.html. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [12] Láminas y aceros, “¿Qué es el flotador de un tinaco y cómo funciona?,” 2022. [Online]. Available: <https://blog.laminasyaceros.com/blog/que-es-el-flotador-de-un-tinaco-y-como-funciona>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [13] Cómo funciona, “INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO | Que es y como funciona,” 2022. [Online]. Available: <https://como-funciona.co/un-interruptor-termomagnetico/>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [14] MySQL, “MySQL,” 2022. [Online]. Available: <https://www.mysql.com/>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [15] MongoDB, “Explicación Sobre Las Bases De Datos NoSQL | MongoDB,” 2022. [Online]. Available: <https://www.mongodb.com/es/nosql-explained>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [16] MongoDB, “MongoDB: The Application Data Platform | MongoDB,” 2022. [Online]. Available: <https://www.mongodb.com/>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [17] Laravel, “Laravel - The PHP Framework For Web Artisans,” 2022. [Online]. Available: <https://laravel.com/>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [18] Ionic Framework, “Cross-Platform Mobile App Development: Ionic Framework,” 2022. [Online]. Available: <https://ionicframework.com/>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [19] Bootstrap, “Bootstrap · The most popular HTML, CSS, and JS library in the world,” 2022. [Online]. Available: <https://getbootstrap.com/>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [20] Angular Material, “Angular Material UI component library,” 2022. [Online]. Available: <https://material.angular.io/>. [Accessed: 20-Mar-2022].
- [21] Font Awesome, “Font Awesome,” 2022. [Online]. Available: <https://fontawesome.com/>. [Accessed: 20-Mar-2022].